

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-51633

(43)公開日 平成8年(1996)2月20日

(51)Int.Cl.⁶

H04N 9/07

識別記号

A

片内整理番号

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2 書面 (全16頁)

(21)出願番号 特願平7-30299

(22)出願日 平成7年(1995)1月9日

(31)優先権主張番号 179028

(32)優先日 1994年1月7日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 590000879

テキサス インスツルメンツ インコーポ
レイテッド

アメリカ合衆国テキサス州ダラス, ノース
セントラルエクスプレスウェイ 13500

(72)発明者 スコット ディー, ヘイムバック

アメリカ合衆国テキサス州ダラス, スコテ
ィア ドライブ 7719

(72)発明者 ジェフリイ ビー, サンプセル

アメリカ合衆国テキサス州プラノ, プエブ
ロ コート2005

(74)代理人 弁理士 浅村 皓 (外3名)

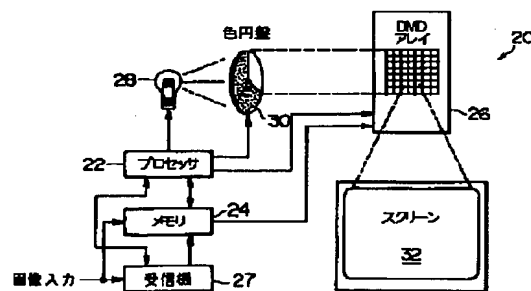
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 シーケンシャル・カラー画像化方法並びに装置

(57)【要約】

【目的】 知覚される色分離を著しく低減または除去した、シーケンシャル・カラー画像化の方法とシステムを提供することを目的とする。

【構成】 光源からの光を色円盤を通してDMDアレイ上に照射し、ここで反射させてスクリーン上に画像を生成する。メモリ並びに受信機に接続されたプロセッサで三原色のカラーサブフレームの順番並びに割合を制御することにより色分離を低減または除去する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 シーケンシャル画像化の方法であって：ひとつの画像フレームの間に第一色の少なくとも二つのカラーサブフレームを生成し；ひとつの画像フレームの間に第二色の少なくとも二つのカラーサブフレームを生成し；そしてひとつの画像フレームの間に第三色の少なくとも二つのカラーサブフレームを生成する手順を含む、前記方法。

【請求項 2】 シーケンシャル画像化システムであって：光源と；前記光源からの光がそこを通して照射される色円盤と；複数の個別の素子を含む空間光変調機と；前記光源、前記色円盤、そして前記空間光変調機を制御し、ひとつの画像フレームの間に第一色のすくなくとも二つのカラーサブフレームが生成され、ひとつの画像フレームの間に第二色のすくなくともひとつのカラーサブフレームが生成され、そしてひとつの画像フレームの間に第三色のすくなくともひとつのカラーサブフレームが生成されるように動作可能なプロセッサとを含む、前記システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は一般的には画像化システムに関わり、更に詳細にはシーケンシャル・カラー画像化に関する。

【0002】

【従来の技術】 画像化技術の分野に於て、低コスト並びに簡便さを維持しながら画像品質を向上させたいという大きな要望が存在する。残念ながらこれらの最終目的はしばしばぶつかり合う。例えばシーケンシャル・カラーシステムとして知られる特定のクラスの画像化システムは、他の画像化システムに比較して低価格と簡単さを提供しているが、画像品質をある程度犠牲にしている。

【0003】 シーケンシャル・カラーシステムは順番に赤、緑そして青の光を単一画像フレームに照射することにより画像を生成し、この照射は典型的には 1/60 秒継続する。非シーケンシャル・カラーシステムでは、赤、緑、そして青の光は同時に照射される。従って非シーケンシャル・カラーシステムはシーケンシャル・カラーシステムに較べて三倍のハードウェアと複雑さを必要とする。

【0004】 シーケンシャルと非シーケンシャル・カラーシステムとの間の区別の秀逸な例は、空間光変調器 ("spacial light modulator: SLM") 投影システムにより与えられる。SLM 画像化システムのひとつの形式は個別素子、例えば変形可能ミラー素子 ("deformable mirror devices: DMDs") のアレイを使用して、投影スクリーン上へまたは投影スクリーンから光を反射させている。非シーケンシャル・カラーシステムでは、三つの DMD アレイが並列に、各々が赤用、緑用そして

青用に使用されている。これに比較して、シーケンシャル・カラーシステム SLM 素子はこのようなアレイを唯一ひとつのみ必要とし、赤、緑そして青の光は順番に単一の DMD アレイで反射される。非シーケンシャル・カラーシステムに於いてこのようなアレイを三つも必要とすることは、DMD アレイ並びに関連するハードウェアに対する要求をシーケンシャル・カラーシステムに較べて三倍にしている。

【0005】 上記のように、しかしながらシーケンシャル・カラーシステムはある種の制約を有する。その様な制約のひとつは色の分離である。色の分離はシーケンシャル・カラーシステムでは、画像化される対象物が投影スクリーンを横切って移動し、そして人間の目がそれを追いかけるときに生じる。図 1-図 3 は色分離の問題を図示している。

【0006】 図 1 a は投影スクリーン 10 とスクリーン 10 を横切って移動する画像化対象物 12 とを図示する。図 1 b に於て、対象物の種々の位置が五つの異なる時刻で示されている。これらの時刻の各々がひとつの画像フレームに対応する。色を赤、緑そして次に青の順番で重ね合わせるシーケンシャル・カラーシステムでは、対象物 12 は最初に赤、次に緑そして次に青を重ね合わせて生成されるはずである。従って、対象物が移動すると、対象物 12 の先端 (その移動に関しての) は赤く現れ、一方その後端は青く現われる。この現象が色分離として知られている。

【0007】 図 2 および図 3 は色分離が如何にして生じるかを図示している。図 2 に図示されるように、赤が最初にスクリーン上に画像フレームのおよそ 1/3 の間重ね合わされる。赤色光が消された後、次に緑色光がカラーフレームのおよそ 1/3 の間点灯され、次に緑が消されて青がカラーフレームの残りのおよそ 1/3 の間点灯される。図 2 に示されるように、カラー光の知覚強度はそれが消去された後漸近的に減衰する。この漸近的減衰は人の目が "記憶" を持つという事実を示しており、これは知覚光が光が消滅した後でさえも短い時間 (ある時定数) 継続することを許している。

【0008】 色分離の問題はシーケンシャル・カラーシステムに於て人の目が移動する対象物を追いかけるときにのみ生じる。図 3 に示されるように、人の目が移動する対象物を追いかけない場合は、移動対象物からの光の各々の画像フレームが、対象物が移動するにともなって網膜の異なる場所に投影される。従って各々の画像フレームに関して、赤が知覚される前に、緑および青の光がひとつの場所に重ね合わされ、そして適切な色が知覚される。次の画像フレームからの光は、次に網膜の別の場所に投影され、そこで再び適切な色が知覚される。しかしながら、もしも目が対象物を追いかける場合は、対象物からの赤色光は常に網膜上のひとつの場所に投影され、青色光は常に網膜上の別の場所に投影され、そして

緑色光は常に網膜上の更に別の場所に投影される。これらの場所の各々は、各々のカラーサブフレームの暫定的な分離の影響でオフセットを有する。従って、移動対象物の先端は常に赤く現れ、一方で後端は常に青く現われる。これは、例えば目が青および緑が先端に重ね合わされる前に移動するために生じる。対象物が速く動くほどこの色分離は大きくなり、これは対象物がひとつの画像フレームから次へ移動する距離が大きくなるためである。

【0009】色分離は対象物がより速く動くほど複雑になる。先に述べたように、赤、次に緑そして青を重ね合わせるシーケンシャル・カラーシステムでは先端に赤が現れ、後端に青が現われる。しかしながら対象物の速度が増えるにつれて、先端に赤が現われるのみならず、先端に続く対象物の領域に赤と緑の組合せが現われる。同様に後端に少し先行する領域に青と緑の組合せが現われる。

【0010】色分離の問題は移動対象物と背景とのコントラストが強い場合に最も認識される。例えば、白い対象物が黒い背景に対して移動する、または黒い対象物が白い背景に対して移動する場合である。人の目がそのような移動対象物を追いかける状況の例にはスポーツイベントが含まれ、ここでは人の目は背景と強いコントラストのユニフォームの選手を追いかける、ダンス競技では人の目はダンサーを追いかける、その他の同様の状況が考えられる。

【0011】

【発明の目的と要約】従ってシーケンシャル・カラーシステムに対して知覚される色分離を低減しこれにより高画質を提供する要望が高まっている。

【0012】本発明の教えるところから従えば、シーケンシャル・カラー画像化の方法並びに装置が提供されており、これは従来技術の画像化システムが有する欠点並びに問題を本質的に除去または低減している。

【0013】特にシーケンシャル画像化手法が開示されており、ここでは第一色の少なくとも二つのカラーサブフレーム、第二色の少なくとも二つのカラーサブフレーム、そして第三色の少なくとも二つのカラーサブフレームがひとつの画像フレームの間に生成される。この方法でカラーサブフレームを生成することにより、色分離は著しく軽減される。

【0014】本発明の別の実施例では第一色の少なくともひとつのカラーサブフレーム、第二色の少なくともひとつのカラーサブフレーム、そして第三色の少なくともひとつのカラーサブフレームがひとつの画像フレームの間に生成される。この実施例では、例えば第二色のふたつのカラーサブフレームを、各々第三色のカラーサブフレームの前後にひとつずつ生成できる。

【0015】本発明の更に別の実施例では、シーケンシャル画像化の方法が提供されており、そこでは第一色の

カラーサブフレーム、第二色のカラーサブフレーム、そして第三色のカラーサブフレームがひとつの画像フレーム内で生成される。次の画像フレームの間に、カラーサブフレームが生成される順番が逆転される。

【0016】光源が色円盤を通して光を照射するシーケンシャル・カラーシステムもまた提供されている。空間光変調器は、色円盤からの光をスクリーン上に反射する複数の個別の素子を含む。プロセッサが用意されていて、これは光源、色円盤、そして空間光変調器を制御し第一色の少なくとも二つのカラーサブフレーム、第二色の少なくともひとつのカラーサブフレーム、そして第三色の少なくともひとつのカラーサブフレームがひとつの画像フレームの間に生成されるようにしている。

【0017】本発明の重要な技術的特長は、ひとつの画像フレーム内でのカラーサブフレームの数を増やし、これによって単一色が知覚される時間量を減少させることにより色分離を著しく低減している点である。本発明の別の重要な技術的特長は、シーケンシャル・カラー画像化システムに於て更に色分離を低減するために色ブレンド技術が使用されている事実にある。

【0018】本発明並びにその特長を更に完全に理解するために、添付図とともに以下の説明を参照する、添付図に於て同様の番号は同様の特徴を示している。

【0019】

【実施例】図1a-図3bは既に発明の背景、及びシーケンシャル・カラーシステムに於ける色分離の問題の説明に関連して説明した。シーケンシャル・カラーシステムは無数の異なる技術を含み、SLM技術（これに派生するものにDMD技術がある）およびCRT技術も含まれる。シーケンシャル・カラーシステムのアプリケーションの中でも特定のアプリケーションは、従来式のテレビ（NTSC、PAL、SECAMまたはその他の方式に係わらず）、ワイド画面従来方式テレビ、高画質テレビ、工業用投影機、家庭用投影機、そして映写機があげられる。

【0020】図4は本発明の特定のアプリケーションのブロック図を図示する。図示されるように、シーケンシャル・カラー画像化システム20はプロセッサ22を含み、これはDMDアレイ26を制御する。プロセッサ22はメモリ24とDMDアレイ26とに結合されている。メモリ24はまたDMDアレイ26に対して直接メモリ入力するためにDMDアレイ26にも結合されている。プロセッサ22はまた受信機27にも結合されている。受信機27は画像入力を受信するが、これはケーブルシステムまたは空中電波を介して伝送されるアナログまたはデジタルビデオ画像である。受信機27からのデータはメモリ24に記憶される。メモリ24はまた、画像入力から直接入力を受信することもあるが、これは例えば画像入力デジタル画像データとして伝送されるときである。受信機27で受信された画像入力データ

5

はプロセッサ 22 で処理されて DMD アレイ 26、光源 28 および色円盤 30 の操作に適切な形式に変換される。

【0021】プロセッサ 22 は光源 28、色円盤 30、および DMD アレイ 26 を制御し、光源 28 から光が色円盤 30 を通って伝送され、DMD アレイ 26 で反射されてスクリーン 32 に達するようにする。

【0022】図 4 に示す画像化システム 20 は裏面投影または前面投影システムのいずれであってもかまわない。更に、先に説明したように、本発明は種々の技術に適用可能であり、図 4 に特別に図示されているものは単なる例である。

【0023】図 5 a - 5 d は本発明の教えに基づいて構成された色円盤 30 の種々の実施例を図示する。色円盤 30 は順番に色領域が DMD アレイ 26 からスクリーン 32 上に反射されるように回転する。色円盤 30 は本発明を図示するために使用されているが、色円盤 30 に関連して説明された技術はその他の装置を制御するためにも同様に用いられる。例えば、三つの光源、赤色光源、緑色光源、そして青色光源が順番に赤、緑および青の区域を生成するために単一の DMD アレイと共に使用できる。同様に、CRT システムに於て赤、それから緑そして青を生成するために使用される電子線が以下の教えに従って順番に制御出来る。

【0024】図 5 a に図示されるように、色円盤 30 には三つの色区域、赤、緑、そして青が用意されており、それらの各々は色円盤 30 の使用可能領域のほぼ三分の一である。単一画像フレーム、通常は 1/60 秒、に対して従来システムでは色円盤 30 を画像フレーム毎に一度、または 3,600 回転毎分 (RPM) で回転させている。この様なシステムでは、三つのカラーサブフレームが存在し、その各々は赤、緑そして青であって、各々の画像フレームは図 5 a に図示される従来からのフレーム同期 (SYNC) 点から開始 (同期) される。

【0025】本発明のひとつの実施例では、図 5 a に示されるように従来式フレーム SYNC が赤サブフレームの中央に移動されている。この改善されたフレーム SYNC でも、色円盤は 3,600 RPM で回転されている。フレーム SYNC を赤サブフレームの中央に移動する結果、カラーシーケンスは赤サブフレームの半分、緑サブフレームをひとつ、青サブフレームをひとつ、そして赤サブフレームの半分となる。この結果人の目が移動する対象物の先端で赤を知覚する時間量が半分に減少される。従って人の目は赤と緑の混合を更に早く始めることが可能であり、その結果、先端部に従来式システムに比較してより望ましい色に近いものを提供する。この改善されたフレーム SYNC により、赤サブフレームは二つのサブフレームに分割され、ひとつは緑サブフレームの前に来、もう一方は青サブフレームの後に来る。従って、DMD アレイ 26 の鏡はもう一度追加して設定され

6

ねばならず、これは赤サブフレームがビデオフレームの開始時点に一度と、青サブフレームが完了した時点に一度設定されなければならないという事実の結果である。フレーム SYNC はまた、青または緑カラーサブフレームの中央にも同様に設置出来ることは理解されたい。

【0026】図 5 a はまた本発明の別の実施例をも図示しており、ここでは画像フレームは従来式ビデオフレームと同じ場所から開始されるが、色円盤がより早い速度で回転されるところが異なる。このより早い速度は、先端部がひとつの特定の色、ここで説明されている例では赤、となる時間量が減少される。例えば色円盤を従来速度の二倍、または 7,200 RPM で回転することにより、単一画像フレームは二つの赤サブフレーム、二つの緑サブフレーム、そして二つの青サブフレームを含むことになる。サブフレームの順番は赤、緑、青、赤、緑、青となる。この様な技法を実現するために、従来システムの各々のカラーサブフレームは二つのサブフレームに分割され、その各々は従来式カラーサブフレームの半分継続する。実験の結果カラーサブフレームの順番は、色分離を知覚しないようにするためには、従来方式の四倍まで増加すべきであることが分かっている。しかしながらより低い速度、例えば従来方式の二倍でも色分離の知覚は改善されるが、それを完全には取り除かない。速度が増すにつれて複雑さと費用とが増大するため、個別のアプリケーション毎にどれだけ速度を増すのが適当であるかが指定される。

【0027】図 5 b は本発明の別の実施例を図示し、ここでは色円盤 30 が六つのカラーサブフレームに分割され、その順番は赤、緑、青、赤、緑、そして青で、その各々は色円盤 30 の有効領域のおよそ六分の一である。この色円盤は従来速度である 3,600 RPM で回転され、図 5 b に図示されるように同期がとられている。図 5 b の実施例は結果として図 5 a に関連して説明したより早い速度の実施例と同一の特長を有するが、それは各々のカラーサブフレームの時間長が従来システムのその半分となるためである。図 5 b の実施例は色円盤が 3,600 RPM という従来式速度で回転しているので、これを駆動するのに従来式のモータを使用できる。しかしながら、図 5 a の実施例に比較して図 5 b の実施例では若干の輝度の低下が生じ、それは光源を遮る時間が増加するためである (カラーサブフレームの間の遷移部分を作るため)。

【0028】図 5 b に図示される特定の色円盤を 3,600 RPM よりも早い速度で回転させることも可能であり、その結果更に短い時間長のカラーサブフレームとなる。カラーサブフレームが表示されている速度を増加させることにより、色分離を著しく減少または除去出来る。

【0029】図 5 c は本発明の別の実施例を図示し、ここでは色円盤 30 が次のように分割されている。色円盤

のおよそ三分の一が赤、色円盤のおよそ三分の一が青、そして色円盤のおよそ三分の一が緑である。しかしながら、緑は二つの別々の部分に分割され、各々は色円盤の有効領域の約六分の一で、それぞれ色円盤30の赤と青の部分の間に対向するように配置されている。フレームSYNCは色円盤の赤部分の中央に用意されている。従ってひとつの画像フレームに対して、その順番は1/2赤サブフレーム、1/2緑サブフレーム、ひとつの青サブフレーム、1/2緑サブフレーム、そして1/2赤サブフレームとなる。この実施例は図5aに関連して説明した最初の実施例に似ており、違いは緑サブフレームが青サブフレームを囲む二つのサブフレームに分割されている点である。これは赤、緑、そして青色の光の知覚重みが変わっているという事実があるため特に有効である。一般的に人の目は緑色の光を赤色の光より良く知覚し、そして青色の光は最も知覚されにくい。テストの結果緑色の光は青色の光の五倍も良く知覚され、また緑色の光は赤色の光のおよそ二倍知覚された。従って、図5cの実施例では緑色の光をふたつのカラーサブフレームに分割することにより、より良い色の混合が実現できる。

【0030】図5cに示す別の実施例は、代わって青カラーサブフレームの中央でフレームSYNCを可能としている。赤カラーサブフレームの中央よりも青カラーサブフレームの中央で各々のビデオフレームの同期を取ることで、青色光が移動対象物の先端と後端に現われるようになる。先に議論したように、青は人の目に最も弱く知覚されるので、この実施例は結果として知覚される色分離を更に減少する。

【0031】図5cに関連して説明したふたつの実施例に関して、色円盤の速度を増やすことも可能であり、その結果色分離は更に減少されるが、先に述べた通り複雑さが増す。

【0032】図5dは本発明の別の実施例を図示し、ここでは色円盤は図5c内の色円盤と同様に構成されている。しかしながら、色円盤の一回の回転でふたつのビデオフレームが書き込めるようにこの色は回転されている。例えば、従来式の1/60秒の画像フレームに対して、図5dの色円盤30は1,800RPMで回転される。従って二つのフレームSYNCが一回転の間に必要とされる。フレームSYNCを図5dに示すように、赤の中央と青カラーサブフレームの中央とに設置することにより、知覚される色分離は著しく減少される。図5dの色円盤30に関して、ひとつの画像フレームの順番は従来システムと同様、赤、緑、青である。しかしながら次の画像フレームの順番は青、緑、赤となる。各々の画像フレームに対してこの様に順番が交互に代わる結果、移動する対象物の先端は赤から青そして青から赤に、画像フレーム周波数の半分の速度、例えば60Hzの画像フレーム周波数で30Hzで点滅する。移動する対象物

の後端も同様に点滅するであろう。この点滅は点滅としてまたは赤と青の組合せ、例えば赤紫として知覚されるであろう。この結果移動する対象物の先端および後端は従来システムに比較してより真実の色に近いものとして知覚される。更に移動している対象物が方向を変えた時に、先端および後端は従来システムで生じるように色を”スイッチ(switch)”しない。

【0033】先に説明したように、図5a-5dに図示されている色円盤の例は本発明を教える目的のものであり、カラーフレームの順番の技術を図示している。これらの順番技術は、CRT技術の様な別の技術にも同様に適用できる。更に、上記の例は特定位置におけるフレームSYNCを開示している。例えば図5bの実施例に於て、フレームSYNCは青と赤のカラーサブフレームの間で生じるように図示されている。このフレームSYNCは、例えば緑と青のカラーサブフレームの間に動かすことも可能であり、これによって本発明の意図した範囲から逸脱することもない。

【0034】図6は本発明の別の特徴を図示しており、これは先に説明した技術を補強するために使用される。ある種のDMDを基本とする画像化システムに於て、任意の色の強度はアレイの鏡のパルス幅変調によって作り出される。例えば、中間レベルの緑を生成するためには、鏡はカラーサブフレームの半分の間オンとされ、全オン時間は異なる長さのいくつかのオン・オフ順序の結果となる。オン・オフ時間はメモリ内に記憶されたビットで制御される。最上位色強度ビットのオン時間を各々の色セグメントに対して分配することにより、別の色ブレンドそしてその結果知覚される色分離の低減が実現される。プロセッサ22はDMDアレイのパルス幅変調を制御する。図6はこの技術のひとつの特定の例を図示する。

【0035】図示されるように、画像フレームは六つのカラーサブフレーム、二つの青、二つの緑そして二つの赤に分割されている。この例に於ける青、緑、赤、赤、緑、青の順番は図5cに示す第二の実施例に対応するが、図示されている技術は図5に関連して説明したいずれの技術にも適用されることを理解されたい。

【0036】図6から分かるように、各々の青、緑そして赤のサブフレームのパルス幅変調に対する最上位ビットは別の色にできるだけ近くでオン(もしもオンの場合は)とされている。例えば、緑カラーサブフレームに対する最上位ビットは青から緑そして緑から赤へ遷移する時には可能な限り接近してオンとされている。同様に、青カラーサブフレームに対する最上位ビットは緑から青そして青から緑へ遷移する時には可能な限り接近してオンとされている。同様に赤の最上位ビットに関しても言える。更に最上位ビット以外のビットもまた、色ブレンドを増すために色遷移に際して可能な限り接近してオンとされる。

【0037】図7aおよび図7bはビットパターンをスプリットリセットDMD投影機システム用にパック出来る技術を図示しており、これは先に説明した技術を含む。米国特許明細書第08/002,627号、名称“空間光変調機用画素制御回路”、TI-17333、1993年1月8日付け、そしてテキサス・インスツルメントに委譲、はスプリットリセットDMD画像システムを開示しており、ここでも参考として参照されている。一般的に言えば、スプリットリセットDMDシステムはDMDアレイを複数のリセットグループに分割する。例えば、ひとつのアレイは各々25,000個の鏡を有する16のリセットグループに分割される。ひとつのメモリーセルが各々のリセットグループ内のひとつの鏡を制御し、従ってふたつのリセットグループの鏡は同時には変更できない。色の強度を生成するためにパルス幅変調を使用する場合、ひとつのビット位置からのひとつのリセットグループの全てのビットはメモリ内にロードされ、次にリセットグループはロードされたビットに従って変更される。例えば、8ビットパルス幅変調では、リセットグループの八番目の位置の全てのビットが一度にロードされる。次に、メモリに別のリセットグループ用のパルス幅変調ビットがロードされ、そのリセットグループはロードされたメモリに従って変更され、このサイクルは各々のリセットグループの全てのパルス幅変調ビットがロードされ、単一の画像フレーム内で実行処理されるまで継続する。ビットパッキングは図4のプロセッサ22とメモリ24とで実行される。メモリ24はDMDアレイ26と分離していてもまたは統合されていても良いことを理解されたい。

【0038】スプリットリセットグループのローディングの図式的表現を図7aに示す。図7aの並行四辺形で示されるように、第一リセットグループは点40に於ける特定のビットでロードされる。最後のリセットグループは点42に於ける特定のビットで最初にロードされる。時間が経過すると、各々のリセットグループのパルス幅変調ビットの全てが異なる時間で（ふたつのリセットグループは一度には変更できないため）ロードされる。最初のリセットグループはそのパルス幅変調の全てのビットを点44で完了し、一方最終リセットグループはそのパルス幅変調の全てのビットを点46で完了する。

【0039】本発明に関して、例えば図5a、5b、および5cに図示された実施例の様に、ふたつまたは複数のカラーサブフレームが各々の画像サイクルの間に各々の色に存在する場合のスプリットリセットDMD用のビットパッキング (bit packing) は図7bに示されるように実行される。図7bは図5aの速度を増した実施例を特に図示し、ここでの順番は赤、緑、青、赤、緑、青である。最初の赤カラーサブフレームに於いて、最初のリセットグループは、図7aと全く同様点4

0でロードされる。同様に最終リセットグループは図7aと同じく点42で最初にロードされる。個々のビットが続いて各々のスプリットリセットグループに点48までロードされ、この時点で緑サブフレームが開始される。点48と緑サブフレームの開始との間の空隙は色円盤上の色の遷移に必要とされる空白時間である。

【0040】図7bの赤カラーサブフレームの終端は垂直であり、図7aの様に傾いてはいないが、これは全てのスプリットリセットグループの全ての鏡が同じ位置に一度にリセット出来るためである。第二赤カラーサブフレームの間に、第一赤カラーサブフレームの終了時に完了していなかったパルス幅変調を終了させるためにスプリットリセットグループがロードされる。これは第二赤カラーサブフレーム用のスプリットリセットグループを、図7aで完了される赤サブフレームの半分とは逆の順番でロードすることにより実現される。従って第一リセットグループは点44でロードされ、最終リセットグループは点46でロードされ、全てのパルス幅変調ビットがロードされ点48で実行処理されるまでロードされる。この技術は図7bに示されるように、緑および青カラーサブフレームに対しても同様に使用される。

【0041】従って、単一画像フレーム内の各々の色に二つのカラーサブフレームが存在する場合、スプリットリセットDMD画像化システムに対する全てのパルス幅変調ビットは、ビットパッキング手順による効率の損失を伴うことなく、パックすることができる。もしも存在するとすれば唯一の効率損失は、カラーサブフレームを追加することによりひとつの色から次に光を変更する際に空白時間が増え、結果として幾分輝度が減少する点である。

【0042】各々の色に対して二つを超えるカラーサブフレームが使用される場合、例えば色円盤が従来速度の四倍で回転する場合、従来のスプリットリセットシステムに較べて更に多くのスプリットリセット開始期間が存在し、従って適当なビデオフレーム時間内に全てのパルス幅変調ビットを実行するために各々のスプリットリセットグループのより早いローディングを必要とし、もしも全てのパルス幅変調ビットが完了されないと効率の損失となる。

【0043】本発明を詳細に説明してきたが、種々の変更、改変または挿入を添付の特許請求の範囲に定められた本発明の精神並びに範囲から逸脱することなく行えることは、理解されよう。

【0044】以上の説明に関して更に以下の項を開示する。

(1) シーケンシャル画像化の方法であって：ひとつの画像フレームの間に第一色の少なくとも二つのカラーサブフレームを生成し；ひとつの画像フレームの間に第二色の少なくとも二つのカラーサブフレームを生成し；そしてひとつの画像フレームの間に第三色の少なくとも二

つのカラーサブフレームを生成する手順を含む、前記方法。

【0045】(2) 第1項記載の方法に於いて、更に：色円盤を通して空間光変調機の上に光を照射し；そして各々のカラーサブフレームを生成するために色円盤を回転させる、手順を含む前記方法。

【0046】(3) 第2項記載の方法に於いて、色円盤が各々の画像フレームの少なくとも二倍で回転される、前記方法。

【0047】(4) 第2項記載の方法に於いて、色円盤が各々の画像フレームに一度回転する、前記方法。

【0048】(5) シーケンシャル画像化の方法であって：ひとつの画像フレームの間に第一色の少なくとも二つのカラーサブフレームを生成し；ひとつの画像フレームの間に第二色の少なくともひとつのカラーサブフレームを生成し；そしてひとつの画像フレームの間に第三色の少なくともひとつのカラーサブフレームを生成する手順を含む、前記方法。

【0049】(6) 第5項記載の方法に於いて、第一色のカラーサブフレームが各々の画像フレームの始まりと終わりに生成される、前記方法。

【0050】(7) 第6項記載の方法に於いて：第一色の二つのカラーサブフレームが生成され；第三色のひとつのカラーサブフレームが生成され；そして第二色の二つのカラーサブフレームが生成され、第二色のカラーサブフレームの各々ひとつが第三色のカラーサブフレームの前後に生成される、前記方法。

【0051】(8) 第5項記載の方法に於いて、更に：色円盤を通して空間光変調機の上に光を照射し；そして各々のカラーサブフレームを生成するために色円盤を回転させる、手順を含む前記方法。

【0052】(9) 第5項記載の方法に於いて、色円盤が各々の画像フレームの少なくとも二倍で回転される、前記方法。

【0053】(10) 第5項記載の方法に於いて、色円盤が各々の画像フレームに一度回転する、前記方法。

【0054】(11) 第5項記載の方法に於いて、更に：個別の素子を予め定められた時間オンおよびオフするパルス幅を通して色を生成し；そして各々のカラーサブフレーム内のオン時間を、時間的に可能な限り別のカラーサブフレームに近付けるように分配する、以上の手順を含む前記方法。

【0055】(12) シーケンシャル画像化の方法であって：ひとつの画像フレームの間に第一色のカラーサブフレームを生成し；第一カラーサブフレームの後でひとつの画像フレームの間に第二色のカラーサブフレームを生成し；第二カラーサブフレームの後でひとつの画像フレームの間に第三色のカラーサブフレームを生成し；そして次の画像フレームの間、カラーサブフレームが生成される順番を逆転させる、以上の手順を含む前記方法。

【0056】(13) 第12項記載の方法に於いて、更に：色円盤を通して空間光変調機の上に光を照射し；そして各々のカラーサブフレームを生成するために色円盤を回転させる、手順を含む前記方法。

【0057】(14) シーケンシャル画像化システムであって：光源と；前記光源からの光がそこを通して照射される色円盤と；複数の個別の素子を含む空間光変調機と；前記光源、前記色円盤、そして前記空間光変調機を制御し、ひとつの画像フレームの間に第一色のすくなくとも二つのカラーサブフレームが生成され、ひとつの画像フレームの間に第二色のすくなくともひとつのカラーサブフレームが生成され、そしてひとつの画像フレームの間に第三色のすくなくともひとつのカラーサブフレームが生成されるように動作可能なプロセッサとを含む、前記システム。

【0058】(15) 第14項記載のシステムに於いて、第一色のカラーサブフレームが各々の画像フレームの始まりと終わりに生成される、前記システム。

【0059】(16) 第14項記載のシステムに於いて、前記色円盤が：その大きさが前記色円盤の有効領域のほぼ三分の一である第一色の第一領域と；その大きさが前記色円盤の有効領域のほぼ六分の一である第二色の第二領域と；その大きさが前記色円盤の有効領域のほぼ三分の一である第三色の第三領域と；そしてその大きさが前記色円盤の有効領域のほぼ六分の一である第二色の第四領域とを含み、前記第二および第四領域が前記第三領域によって対向するように分離されている、前記システム。

【0060】(17) 第14項記載のシステムに於いて、前記色円盤が各々の画像フレームの少なくとも二倍で回転される、前記システム。

【0061】(18) 第14項記載のシステムに於いて、前記色円盤が各々の画像フレーム毎に一度回転される、前記システム。

【0062】(19) 第14項記載のシステムに於いて、前記個別の素子が予め定められたオンおよびオフ時間のパルス幅変調で制御され、前記プロセッサが各々のカラーサブフレーム内のオン時間を時間的にその他のカラーサブフレームに可能な限り近接して分配する、前記システム。

【0063】(20) 第14項記載のシステムに於いて、このシステムが個別の素子からなる複数のグループを有するスプリットリセットDMDであり、各々の画像フレームの間に各々の色に対して二つのカラーサブフレームが存在し、前記個別の素子が予め定められたオンおよびオフ時間のパルス幅変調ビットで制御されており、そして更に：各々の色に対するそれぞれ最初のカラーサブフレームの間に各々の色に対する前記ビットの半分をロードし；各々のカラーサブフレームの終了時に前記個別のビットをリセットし；そして各々の色に対するそれ

ぞれ第二番目のカラーサブフレームの間に各々の色に対する前記ビットの残りの部分をロードするように動作可能な回路を含む、前記システム。

【0064】(21)シーケンシャルカラーシステムが提供されており、その中でプロセッサ(22)がメモリ(24)と受信機(27)とに結合されている。画像は光を光源(28)から色円盤(30)を通してDMDアレイ(26)上に照射することにより生成される。DMDアレイ(26)からの光はスクリーン(32)の上に照射される。色円盤(30)の速度と構成を調整することにより色分離が著しく低減できるかまたは除去出来る。また開示されているのは例えばCRT技術の様なその他の技術にも適用可能なシーケンシャル画像化のための技術である。

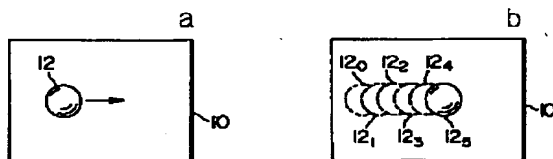
【図面の簡単な説明】

【図1】投影スクリーン上を移動中の対象物を図示し、aは投影スクリーンと対象物とを示す図、そしてbは対象物が種々の場所にある状態を示す図。

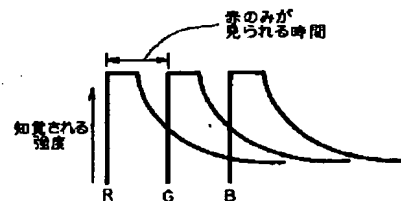
【図2】シーケンシャル・カラーシステムに於て知覚される強度を示す。

【図3】人の目と移動している対象物との干渉を図示し、aは人の目が対象物を追いかけていない場合を図示し、bは人の目が対象物を追いかけている場合を図示す

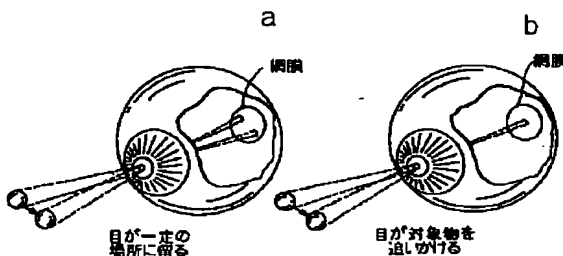
【図1】



【図2】



【図3】



る。

【図4】本発明の教えに基づくある特定の画像化システムのブロック図を図示する。

【図5】本発明の別の実施例を図示し、aは色円盤を三等分に分割した図、bは色円盤を六等分に分割した図、cはaに示す三原色の内の一色を更に二つに分割し対向させるようにした図、そしてdはcの実施例で色円盤の回転数を半分にした図を図示する。

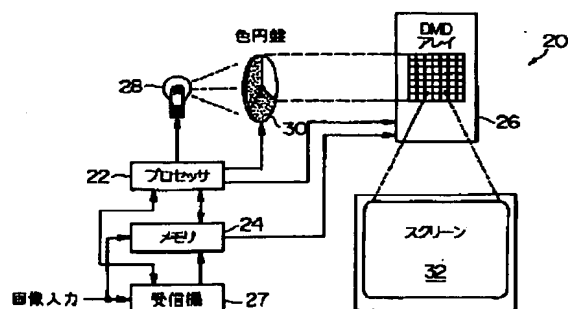
【図6】本発明の教えに基づく色ブレンディングを図示する。

【図7】本発明の教えに基づくスプリットリセットシステムのバックギングビットパターン技術を図示し、aはひとつの画像フレームを赤、緑、そして青の順番で画像化する場合を図示し、そしてbはひとつの画像フレームを赤、緑、青、赤、緑、青の順番で画像化する場合を図示する。

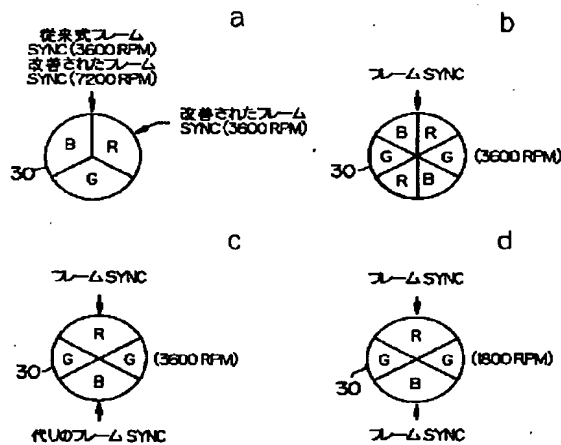
【符号の説明】

- 10 投影スクリーン
- 12 移動している対象物
- 20 シーケンシャル・カラー画像化システム
- 26 DMDアレイ
- 30 色円盤

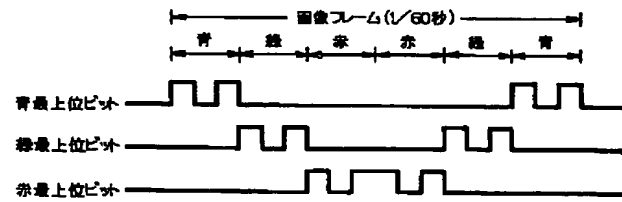
【図4】



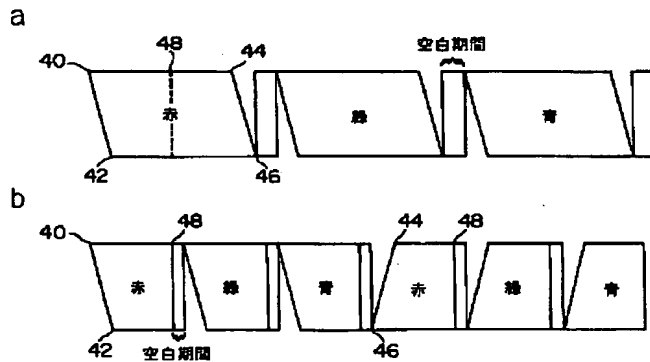
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【手続補正書】

【提出日】平成 7 年 5 月 17 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】シーケンシャル・カラー画像化方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】シーケンシャル画像化の方法であって：ひとつの画像フレームの間に第一色の少なくとも二つのカラーサブフレームを生成し；ひとつの画像フレームの間に第二色の少なくとも二つのカラーサブフレームを生成し；そしてひとつの画像フレームの間に第三色の少なくとも二つのカラーサブフレームを生成する手順を含む、前記方法。

【請求項 2】シーケンシャル画像化システムであって：光源と；前記光源からの光がそこを通して照射される色円盤と；複数の個別の素子を含む空間光変調機と；前記光源、前記色円盤、そして前記空間光変調機を制御し、ひとつの画像フレームの間に第一色のすくなくとも二つのカラーサブフレームが生成され、ひとつの画像フレームの間に第二色のすくなくともひとつのカラーサブフレームが生成され、そしてひとつの画像フレームの間に第三色のすくなくともひとつのカラーサブフレームが生成されるように動作可能なプロセッサとを含む、前記システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は一般的には画像化システムに関わり、更に詳細にはシーケンシャル・カラー画像化に関する。

【0002】

【従来の技術】画像化技術の分野に於て、低コスト並びに簡便さを維持しながら画像品質を向上させたいという大きな要望が存在する。残念ながらこれらの最終目的はしばしばぶつかり合う。例えばシーケンシャル・カラーシステムとして知られる特定のクラスの画像化システムは、他の画像化システムに比較して低価格と簡単さを提供しているが、画像品質をある程度犠牲にしている。

【0003】シーケンシャル・カラーシステムは順番に赤、緑そして青の光を単一画像フレームに照射することにより画像を生成し、この照射は典型的には1/60秒継続する。非シーケンシャル・カラーシステムでは、赤、緑、そして青の光は同時に照射される。従って非シーケンシャル・カラーシステムはシーケンシャル・カラーシステムに較べて三倍のハードウェアと複雑さを必要とする。

【0004】シーケンシャルと非シーケンシャル・カラーシステムとの間の区別の秀逸な例は、空間光変調器("spacial light modulator: SLM")投影システムにより与えられる。SLM画像化システムのひとつの形式は個別素子、例えば変形可能ミラー素子("deformable mirror devices: DMDs")のアレイを使用して、投影スクリーン上へまたは投影スクリーンから光を反射させている。非シーケンシャル・カラーシステムでは、三つのDMDアレイが並列に、各々が赤用、緑用そして青用に使用されている。これに比較して、シーケンシャル・カラーシステムSLM素子はこのようなアレイを唯ひとつのみ必要とし、赤、緑そして青の光は順番に単一のDMDアレイで反射される。非シーケンシャル・カラーシステムに於いてこの様なアレイを三つも必要とすることは、DMDアレイ並びに関連するハードウェアに対する要求をシーケンシャル・カラーシステムに較べて三倍にしている。

【0005】上記のように、しかしながらシーケンシャル・カラーシステムはある種の制約を有する。その様な制約のひとつは色の分離である。色の分離はシーケンシャル・カラーシステムでは、画像化される対象物が投影スクリーンを横切って移動し、そして人間の目がそれを追いかけるときに生じる。図1-図3は色分離の問題を図示している。

【0006】図1aは投影スクリーン10とスクリーン10を横切って移動する画像化対象物12とを図示する。図1bに於て、対象物の種々の位置が五つの異なる時刻で示されている。これらの時刻の各々がひとつの画像フレームに対応する。色を赤、緑そして次に青の順番で重ね合わせるシーケンシャル・カラーシステムでは、対象物12は最初に赤、次に緑そして次に青を重ね合わせて生成されるはずである。従って、対象物が移動すると、対象物12の先端(その移動に関しての)は赤く現れ、一方その後端は青く現われる。この現象が色分離と

して知られている。

【0007】図2および図3は色分離が如何にして生じるかを図示している。図2に図示されるように、赤が最初にスクリーン上に画像フレームのおよそ1/3の間重ね合わされる。赤色光が消された後、次に緑色光がカラーフレームのおよそ1/3の間点灯され、次に緑が消されて青がカラーフレームの残りのおよそ1/3の間点灯される。図2に示されるように、カラー光の知覚強度はそれが消去された後漸近的に減衰する。この漸近的減衰は人の目が"記憶"を持つという事実を示しており、これは知覚光が光が消滅した後でさえも短い時間(ある時定数)継続することを許している。

【0008】色分離の問題はシーケンシャル・カラーシステムに於て人の目が移動する対象物を追いかけるときにのみ生じる。図3に示されるように、人の目が移動する対象物を追いかけない場合は、移動対象物からの光の各々の画像フレームが、対象物が移動するにともなって網膜の異なる場所に投影される。従って各々の画像フレームに関して、赤が知覚される前に、緑および青の光がひとつの場所に重ね合わされ、そして適切な色が知覚される。次の画像フレームからの光は、次に網膜の別の場所に投影され、そこで再び適切な色が知覚される。しかしながら、もしも目が対象物を追いかける場合は、対象物からの赤色光は常に網膜上のひとつの場所に投影され、青色光は常に網膜上の別の場所に投影され、そして緑色光は常に網膜上の更に別の場所に投影される。これらの場所の各々は、各々のカラーサブフレームの暫定的な分離の影響でオフセットを有する。従って、移動対象物の先端は常に赤く現れ、一方で後端は常に青く現われる。これは、例えば目が青および緑が先端に重ね合わされる前に移動するために生じる。対象物が速く動くほどこの色分離は大きくなり、これは対象物がひとつの画像フレームから次へ移動する距離が大きくなるためである。

【0009】色分離は対象物がより速く動くほど複雑になる。先に述べたように、赤、次に緑そして青を重ね合わせるシーケンシャル・カラーシステムでは先端に赤が現れ、後端に青が現われる。しかしながら対象物の速度が増えるにつれて、先端に赤が現われるのみならず、先端に続く対象物の領域に赤と緑の組合せが現われる。同様に後端に少し先行する領域に青と緑の組合せが現われる。

【0010】色分離の問題は移動対象物と背景とのコントラストが強い場合に最も認識される。例えば、白い対象物が黒い背景に対して移動する、または黒い対象物が白い背景に対して移動する場合である。人の目がその様な移動対象物を追いかける状況の例にはスポーツイベントが含まれ、ここでは人の目は背景と強いコントラストのユニフォームの選手を追いかける、ダンス競技では人の目はダンサーを追いかける、その他の同様の状況が考えら

れる。

【0011】

【発明の目的と要約】従ってシーケンシャル・カラーシステムに対して知覚される色分離を低減しこれにより高画質を提供する要望が高まっている。

【0012】本発明の教えるところによれば、シーケンシャル・カラー画像化の方法並びに装置が提供されており、これは従来技術の画像化システムが有する欠点並びに問題を本質的に除去または低減している。

【0013】特にシーケンシャル画像化手法が開示されており、ここでは第一色の少なくとも二つのカラーサブフレーム、第二色の少なくとも二つのカラーサブフレーム、そして第三色の少なくとも二つのカラーサブフレームがひとつの画像フレームの間に生成される。この方法でカラーサブフレームを生成することにより、色分離は著しく軽減される。

【0014】本発明の別の実施例では第一色の少なくともひとつのカラーサブフレーム、第二色の少なくともひとつのカラーサブフレーム、そして第三色の少なくともひとつのカラーサブフレームがひとつの画像フレームの間に生成される。この実施例では、例えば第二色のふたつのカラーサブフレームを、各々第三色のカラーサブフレームの前後にひとつずつ生成できる。

【0015】本発明の更に別の実施例では、シーケンシャル画像化の方法が提供されていて、そこでは第一色のカラーサブフレーム、第二色のカラーサブフレーム、そして第三色のカラーサブフレームがひとつの画像フレーム内で生成される。次の画像フレームの間に、カラーサブフレームが生成される順番が逆転される。

【0016】光源が色円盤を通して光を照射するシーケンシャル・カラーシステムもまた提供されている。空間光変調器は、色円盤からの光をスクリーン上に反射する複数の個別の素子を含む。プロセッサが用意されていて、これは光源、色円盤、そして空間光変調器を制御し第一色の少なくとも二つのカラーサブフレーム、第二色の少なくともひとつのカラーサブフレーム、そして第三色の少なくともひとつのカラーサブフレームがひとつの画像フレームの間に生成されるようにしている。

【0017】本発明の重要な技術的特長は、ひとつの画像フレーム内でのカラーサブフレームの数を増やし、これによって単一色が知覚される時間量を減少させることにより色分離を著しく低減している点である。本発明の別の重要な技術的特長は、シーケンシャル・カラー画像化システムに於て更に色分離を低減するために色ブレンド技術が使用されている事実にある。

【0018】本発明並びにその特長を更に完全に理解するために、添付図とともに以下の説明を参照する、添付図に於て同様の番号は同様の特徴を示している。

【0019】

【実施例】図1a-図3bは既に発明の背景、及びシー

ケンシャル・カラーシステムに於ける色分離の問題の説明に関連して説明した。シーケンシャル・カラーシステムは無数の異なる技術を含み、SLM技術（これに派生するものにDMD技術がある）およびCRT技術も含まれる。シーケンシャル・カラーシステムのアプリケーションの中でも特定のアプリケーションは、従来式のテレビ（NTSC、PAL、SECAMまたはその他の方式に係わらず）、ワイド画面従来方式テレビ、高画質テレビ、工業用投影機、家庭用投影機、そして映写機があげられる。

【0020】図4は本発明の特定のアプリケーションのブロック図を図示する。図示されるように、シーケンシャル・カラー画像化システム20はプロセッサ22を含み、これはDMDアレイ26を制御する。プロセッサ22はメモリ24とDMDアレイ26とに結合されている。メモリ24はまたDMDアレイ26に対して直接メモリ入力するためにDMDアレイ26にも結合されている。プロセッサ22はまた受信機27にも結合されている。受信機27は画像入力を受信するが、これはケーブルシステムまたは空中電波を介して伝送されるアナログまたはデジタルビデオ画像である。受信機27からのデータはメモリ24に記憶される。メモリ24はまた、画像入力から直接入力を受信することもあるが、これは例えば画像入力がデジタル画像データとして伝送されるときである。受信機27で受信された画像入力データはプロセッサ22で処理されてDMDアレイ26、光源28、および色円盤30の操作に適切な形式に変換される。

【0021】プロセッサ22は光源28、色円盤30、およびDMDアレイ26を制御し、光源28からの光が色円盤30を通して伝送され、DMDアレイ26で反射されてスクリーン32に達するようにする。

【0022】図4に示す画像化システム20は裏面投影または前面投影システムのいずれであってもかまわない。更に、先に説明したように、本発明は種々の技術に適用可能であり、図4に特別に図示されているものは単なる例である。

【0023】図5a-5dは本発明の教えに基づいて構成された色円盤30の種々の実施例を図示する。色円盤30は順番に色領域がDMDアレイ26からスクリーン32上に反射されるように回転する。色円盤30は本発明を図示するために使用されているが、色円盤30に関連して説明された技術はその他の装置を制御するためにも同様に用いられる。例えば、三つの光源、赤色光源、緑色光源、そして青色光源が順番に赤、緑および青の区域を生成するために単一のDMDアレイと共に使用できる。同様に、CRTシステムに於て赤、それから緑そして青を生成するために使用される電子線が以下の教えに従って順番に制御出来る。

【0024】図5aに図示されるように、色円盤30に

は三つの色区域、赤、緑、そして青が用意されており、それらの各々は色円盤 30 の使用可能領域のほぼ三分の一である。単一画像フレーム、通常は $1/60$ 秒、に対して従来システムでは色円盤 30 を画像フレーム毎に一度、または 3,600 回転毎分 (RPM) で回転させている。この様なシステムでは、三つのカラーサブフレームが存在し、その各々は赤、緑そして青であって、各々の画像フレームは図 5 a に図示される従来からのフレーム同期 (SYNC) 点から開始 (同期) される。

【0025】本発明のひとつの実施例では、図 5 a に示されるように従来式フレーム SYNC が赤サブフレームの中央に移動されている。この改善されたフレーム SYNC でも、色円盤は 3,600 RPM で回転されている。フレーム SYNC を赤サブフレームの中央に移動する結果、カラーシーケンスは赤サブフレームの半分、緑サブフレームをひとつ、青サブフレームをひとつ、そして赤サブフレームの半分となる。この結果人の目が移動する対象物の先端で赤を知覚する時間量が半分に減少される。従って人の目は赤と緑の混合を更に早く始めることが可能であり、その結果、先端部に従来式システムと比較してより望ましい色に近いものを提供する。この改善されたフレーム SYNC により、赤サブフレームは二つのサブフレームに分割され、ひとつは緑サブフレームの前に来、もう一方は青サブフレームの後に来る。従って、DMD アレイ 26 の鏡はもう一度追加して設定されねばならず、これは赤サブフレームがビデオフレームの開始時点に一度と、青サブフレームが完了した時点に一度設定されなければならないという事実の結果である。フレーム SYNC はまた、青または緑カラーサブフレームの中央にも同様に設置出来ることは理解されたい。

【0026】図 5 a はまた本発明の別の実施例をも図示しており、ここでは画像フレームは従来式ビデオフレームと同じ場所から開始されるが、色円盤がより早い速度で回転されるところが異なる。このより早い速度は、先端部がひとつの特定の色、ここで説明されている例では赤、となる時間量が減少される。例えば色円盤を従来速度の二倍、または 7,200 RPM で回転することにより、単一画像フレームは二つの赤サブフレーム、二つの緑サブフレーム、そして二つの青サブフレームを含むことになる。サブフレームの順番は赤、緑、青、赤、緑、青となる。この様な技法を実現するために、従来システムの各々のカラーサブフレームは二つのサブフレームに分割され、その各々は従来式カラーサブフレームの半分継続する。実験の結果カラーサブフレームの順番は、色分離を知覚しないようにするためには、従来方式の四倍まで増加すべきであることが分かっている。しかしながらより低い速度、例えば従来方式の二倍でも色分離の知覚は改善されるが、それを完全には取り除かない。速度が増すにつれて複雑さと費用とが増大するため、個別のアプリケーション毎にどれだけ速度を増すのが適当であ

るかが指定される。

【0027】図 5 b は本発明の別の実施例を図示し、ここでは色円盤 30 が六つのカラーサブフレームに分割され、その順番は赤、緑、青、赤、緑、そして青で、その各々は色円盤 30 の有効領域のおよそ六分の一である。この色円盤は従来速度である 3,600 RPM で回転され、図 5 b に図示されるように同期がとられている。図 5 b の実施例は結果として図 5 a に関連して説明したより早い速度の実施例と同一の特長を有するが、それは各々のカラーサブフレームの時間長が従来システムのその半分となるためである。図 5 b の実施例は色円盤が 3,600 RPM という従来式の速度で回転しているので、これを駆動するのに従来式のモータを使用できる。しかしながら、図 5 a の実施例に比較して図 5 b の実施例では若干の輝度の低下が生じ、それは光源を遮る時間が増加するためである (カラーサブフレームの間の遷移部分を作るため)。

【0028】図 5 b に図示される特定の色円盤を 3,600 RPM よりも早い速度で回転させることも可能であり、その結果更に短い時間長のカラーサブフレームとなる。カラーサブフレームが表示されている速度を増加させることにより、色分離を著しく減少または除去出来る。

【0029】図 5 c は本発明の別の実施例を図示し、ここでは色円盤 30 が次のように分割されている。色円盤のおよそ三分の一が赤、色円盤のおよそ三分の一が青、そして色円盤のおよそ三分の一が緑である。しかしながら、緑は二つの別々の部分に分割され、各々は色円盤の有効領域の約六分の一で、それぞれ色円盤 30 の赤と青の部分の間に対向するように配置されている。フレーム SYNC は色円盤の赤部分の中央に用意されている。従ってひとつの画像フレームに対して、その順番は $1/2$ 赤サブフレーム、 $1/2$ 緑サブフレーム、ひとつの青サブフレーム、 $1/2$ 緑サブフレーム、そして $1/2$ 赤サブフレームとなる。この実施例は図 5 a に関連して説明した最初の実施例に似ており、違いは緑サブフレームが青サブフレームを囲む二つのサブフレームに分割されている点である。これは赤、緑、そして青色の光の知覚重みが異なっているという事実があるため特に有効である。一般的に人の目は緑色の光を赤色の光より良く知覚し、そして青色の光は最も知覚されにくい。テストの結果緑色の光は青色の光の五倍も良く知覚され、また緑色の光は赤色の光のおよそ二倍知覚された。従って、図 5 c の実施例では緑色の光をふたつのカラーサブフレームに分割することにより、より良い色の混合が実現できる。

【0030】図 5 c に示す別の実施例は、代わって青カラーサブフレームの中央でフレーム SYNC を可能としている。赤カラーサブフレームの中央よりも青カラーサブフレームの中央で各々のビデオフレームの同期を取る

ことで、青色光が移動対象物の先端と後端に現われるようになる。先に議論したように、青は人の目に最も弱く知覚されるので、この実施例は結果として知覚される色分離を更に減少する。

【0031】図5cに関連して説明したふたつの実施例に関して、色円盤の速度を増やすことも可能であり、その結果色分離は更に減少されるが、先に述べた通り複雑さが増す。

【0032】図5dは本発明の別の実施例を図示し、ここでは色円盤は図5c内の色円盤と同様に構成されている。しかしながら、色円盤の一回の回転でふたつのビデオフレームが書き込めるようにこの色は回転されている。例えば、従来式の1/60秒の画像フレームに対して、図5dの色円盤30は1,800RPMで回転される。従って二つのフレームSYNCが一回転の間に必要とされる。フレームSYNCを図5dに示すように、赤の中央と青カラーサブフレームの中央とに設置することにより、知覚される色分離は著しく減少される。図5dの色円盤30に関して、ひとつの画像フレームの順番は従来システムと同様、赤、緑、青である。しかしながら次の画像フレームの順番は青、緑、赤となる。各々の画像フレームに対してこの様に順番が交互に代わる結果、移動する対象物の先端は赤から青そして青から赤に、画像フレーム周波数の半分の速度、例えば60Hzの画像フレーム周波数で30Hzで点滅する。移動する対象物の後端も同様に点滅するであろう。この点滅は点滅としてまたは赤と青の組合せ、例えば赤紫として知覚されるであろう。この結果移動する対象物の先端および後端は従来システムに比較してより真実の色に近いものとして知覚される。更に移動している対象物が方向を変えた時に、先端および後端は従来システムで生じるように色を”スイッチ(switch)”しない。

【0033】先に説明したように、図5a-5dに図示されている色円盤の例は本発明を教える目的のものであり、カラーフレームの順番の技術を図示している。これらの順番技術は、CRT技術の様な別の技術にも同様に適用できる。更に、上記の例は特定位置におけるフレームSYNCを開示している。例えば図5bの実施例に於て、フレームSYNCは青と赤のカラーサブフレームの間で生じるように図示されている。このフレームSYNCは、例えば緑と青のカラーサブフレームの間に動かすことも可能であり、これによって本発明の意図した範囲から逸脱することもない。

【0034】図6は本発明の別の特徴を図示しており、これは先に説明した技術を補強するために使用される。ある種のDMDを基本とする画像化システムに於て、任意の色の強度はアレイの鏡のパルス幅変調によって作り出される。例えば、中間レベルの緑を生成するためには、鏡はカラーサブフレームの半分の間オンとされ、全オン時間は異なる長さのいくつかのオン・オフ順序の結

果となる。オン・オフ時間はメモリ内に記憶されたビットで制御される。最上位色強度ビットのオン時間を各々の色セグメントに対して分配することにより、別の色ブレンドそしてその結果知覚される色分離の低減が実現される。プロセッサ22はDMDアレイのパルス幅変調を制御する。図6はこの技術のひとつの特定の例を図示する。

【0035】図示されるように、画像フレームは六つのカラーサブフレーム、二つの青、二つの緑そして二つの赤に分割されている。この例に於ける青、緑、赤、赤、緑、青の順番は図5cに示す第二の実施例に対応するが、図示されている技術は図5に関連して説明したいずれの技術にも適用されることを理解されたい。

【0036】図6から分かるように、各々の青、緑そして赤のサブフレームのパルス幅変調に対する最上位ビットは別の色にできるだけ近くでオン（もしもオンの場合は）とされている。例えば、緑カラーサブフレームに対する最上位ビットは青から緑そして緑から赤へ遷移する時には可能な限り接近してオンとされている。同様に、青カラーサブフレームに対する最上位ビットは緑から青そして青から緑へ遷移する時には可能な限り接近してオンとされている。同様に赤の最上位ビットに関しても言える。更に最上位ビット以外のビットもまた、色ブレンドを増すために色遷移に際して可能な限り接近してオンとされる。

【0037】図7aおよび図7bはビットパターンをスプリットリセットDMD投影機システム用にパック出来る技術を図示しており、これは先に説明した技術を含む。米国特許明細書第08/002,627号、名称”空間光変調機用画素制御回路”、TI-17333、1993年1月8日付け、そしてテキサス・インスツルメントに委譲、はスプリットリセットDMD画像システムを開示しており、ここでも参考として参照されている。一般的に言えば、スプリットリセットDMDシステムはDMDアレイを複数のリセットグループに分割する。例えば、ひとつのアレイは各々25,000個の鏡を有する16のリセットグループに分割される。ひとつのメモリーセルが各々のリセットグループ内のひとつの鏡を制御し、従ってふたつのリセットグループの鏡は同時には変更できない。色の強度を生成するためにパルス幅変調を使用する場合、ひとつのビット位置からのひとつのリセットグループの全てのビットはメモリ内にロードされ、次にリセットグループはロードされたビットに従って変更される。例えば、8ビットパルス幅変調では、リセットグループの八番目の位置の全てのビットが一度にロードされる。次に、メモリに別のリセットグループ用のパルス幅変調ビットがロードされ、そのリセットグループはロードされたメモリに従って変更され、このサイクルは各々のリセットグループの全てのパルス幅変調ビットがロードされ、単一の画像フレーム内で実行処理さ

れるまで継続する。ビットパッキングは図4のプロセッサ22とメモリ24とで実行される。メモリ24はDM Dアレイ26と分離していてもまたは統合されていても良いことを理解されたい。

【0038】スプリットリセットグループのローディングの図式的表現を図7aに示す。図7aの並行四辺形で示されるように、第一リセットグループは点40に於ける特定のビットでロードされる。最後のリセットグループは点42に於ける特定のビットで最初にロードされる。時間が経過すると、各々のリセットグループのパルス幅変調ビットの全てが異なる時間で（ふたつのリセットグループは一度には変更できないため）ロードされる。最初のリセットグループはそのパルス幅変調の全てのビットを点44で完了し、一方最終リセットグループはそのパルス幅変調の全てのビットを点46で完了する。

【0039】本発明に関して、例えば図5a, 5b, および5cに図示された実施例の様に、ふたつまたは複数のカラーサブフレームが各々の画像サイクルの間に各々の色に存在する場合のスプリットリセットDMD用のビットパッキング (bit packing) は図7bに示されるように実行される。図7bは図5aの速度を増した実施例を特に図示し、ここでの順番は赤、緑、青、赤、緑、青である。最初の赤カラーサブフレームに於いて、最初のリセットグループは、図7aと全く同様、点40でロードされる。同様に最終リセットグループは図7aと同じく点42で最初にロードされる。個々のビットが続いて各々のスプリットリセットグループに点48までロードされ、この時点で緑サブフレームが開始される。点48と緑サブフレームの開始との間の空隙は色円盤上の色の遷移に必要とされる空白時間である。

【0040】図7bの赤カラーサブフレームの終端は垂直であり、図7aの様に傾いてはいないが、これは全てのスプリットリセットグループの全ての鏡が同じ位置に一度にリセット出来るためである。第二赤カラーサブフレームの間に、第一赤カラーサブフレームの終了時に完了していなかったパルス幅変調を終了させるためにスプリットリセットグループがロードされる。これは第二赤カラーサブフレーム用のスプリットリセットグループを、図7aで完了される赤サブフレームの半分とは逆の順番でロードすることにより実現される。従って第一リセットグループは点44でロードされ、最終リセットグループは点46でロードされ、全てのパルス幅変調ビットがロードされ点48で実行処理されるまでロードされる。この技術は図7bに示されるように、緑および青カラーサブフレームに対しても同様に使用される。

【0041】従って、単一画像フレーム内の各々の色に二つのカラーサブフレームが存在する場合、スプリットリセットDMD画像化システムに対する全てのパルス幅変調ビットは、ビットパッキング手順による効率の損失

を伴うことなく、バックすることができる。もしも存在するとすれば唯一の効率損失は、カラーサブフレームを追加することによりひとつの色から次に光を変更する際に空白時間が増え、結果として幾分輝度が減少する点である。

【0042】各々の色に対して二つを超えるカラーサブフレームが使用される場合、例えば色円盤が従来速度の四倍で回転する場合、従来のスプリットリセットシステムに較べて更に多くのスプリットリセット開始期間が存在し、従って適当なビデオフレーム時間内に全てのパルス幅変調ビットを実行するために各々のスプリットリセットグループのより早いローディングを必要とし、もしも全てのパルス幅変調ビットが完了されないと効率の損失となる。

【0043】本発明を詳細に説明してきたが、種々の変更、改変または挿入を添付の特許請求の範囲に定められた本発明の精神並びに範囲から逸脱することなく行えることは、理解されよう。

【0044】以上の説明に関して更に以下の項を開示する。

(1) シーケンシャル画像化の方法であって：ひとつの画像フレームの間に第一色の少なくとも二つのカラーサブフレームを生成し；ひとつの画像フレームの間に第二色の少なくとも二つのカラーサブフレームを生成し；そしてひとつの画像フレームの間に第三色の少なくとも二つのカラーサブフレームを生成する手順を含む、前記方法。

【0045】(2) 第1項記載の方法に於いて、更に：色円盤を通して空間光変調機の上に光を照射し；そして各々のカラーサブフレームを生成するために色円盤を回転させる、手順を含む前記方法。

【0046】(3) 第2項記載の方法に於いて、色円盤が各々の画像フレームの少なくとも二倍で回転される、前記方法。

【0047】(4) 第2項記載の方法に於いて、色円盤が各々の画像フレームに一度回転する、前記方法。

【0048】(5) シーケンシャル画像化の方法であって：ひとつの画像フレームの間に第一色の少なくとも二つのカラーサブフレームを生成し；ひとつの画像フレームの間に第二色の少なくともひとつのカラーサブフレームを生成し；そしてひとつの画像フレームの間に第三色の少なくともひとつのカラーサブフレームを生成する手順を含む、前記方法。

【0049】(6) 第5項記載の方法に於いて、第一色のカラーサブフレームが各々の画像フレームの始まりと終わりに生成される、前記方法。

【0050】(7) 第6項記載の方法に於いて：第一色の二つのカラーサブフレームが生成され；第三色のひとつのカラーサブフレームが生成され；そして第二色の二つのカラーサブフレームが生成され、第二色のカラーサ

サブフレームの各々ひとつが第三色のカラーサブフレームの前後に生成される、前記方法。

【0051】(8) 第5項記載の方法に於いて、更に：色円盤を通して空間光変調機の上に光を照射し；そして各々のカラーサブフレームを生成するために色円盤を回転させる、手順を含む前記方法。

【0052】(9) 第5項記載の方法に於いて、色円盤が各々の画像フレームの少なくとも二倍で回転される、前記方法。

【0053】(10) 第5項記載の方法に於いて、色円盤が各々の画像フレームに一度回転する、前記方法。

【0054】(11) 第5項記載の方法に於いて、更に：個別の素子を予め定められた時間オンおよびオフするパルス幅を通して色を生成し；そして各々のカラーサブフレーム内のオン時間を、時間的に可能な限り別のカラーサブフレームに近付けるように分配する、以上の手順を含む前記方法。

【0055】(12) シーケンシャル画像化の方法であって：ひとつの画像フレームの間に第一色のカラーサブフレームを生成し；第一カラーサブフレームの後でひとつの画像フレームの間に第二色のカラーサブフレームを生成し；第二カラーサブフレームの後でひとつの画像フレームの間に第三色のカラーサブフレームを生成し；そして次の画像フレームの間、カラーサブフレームが生成される順番を逆転させる、以上の手順を含む前記方法。

【0056】(13) 第12項記載の方法に於いて、更に：色円盤を通して空間光変調機の上に光を照射し；そして各々のカラーサブフレームを生成するために色円盤を回転させる、手順を含む前記方法。

【0057】(14) シーケンシャル画像化システムであって：光源と；前記光源からの光がそこを通して照射される色円盤と；複数の個別の素子を含む空間光変調機と；前記光源、前記色円盤、そして前記空間光変調機を制御し、ひとつの画像フレームの間に第一色のすくなくとも二つのカラーサブフレームが生成され、ひとつの画像フレームの間に第二色のすくなくともひとつのカラーサブフレームが生成され、そしてひとつの画像フレームの間に第三色のすくなくともひとつのカラーサブフレームが生成されるように動作可能なプロセッサとを含む、前記システム。

【0058】(15) 第14項記載のシステムに於いて、第一色のカラーサブフレームが各々の画像フレームの始まりと終わりに生成される、前記システム。

【0059】(16) 第14項記載のシステムに於いて、前記色円盤が：その大きさが前記色円盤の有効領域のほぼ三分の一である第一色の第一領域と；その大きさが前記色円盤の有効領域のほぼ六分の一である第二色の第二領域と；その大きさが前記色円盤の有効領域のほぼ三分の一である第三色の第三領域と；そしてその大きさが前記色円盤の有効領域のほぼ六分の一である第二色の

第四領域とを含み、前記第二および第四領域が前記第三領域によって対向するように分離されている、前記システム。

【0060】(17) 第14項記載のシステムに於いて、前記色円盤が各々の画像フレームの少なくとも二倍で回転される、前記システム。

【0061】(18) 第14項記載のシステムに於いて、前記色円盤が各々の画像フレーム毎に一度回転される、前記システム。

【0062】(19) 第14項記載のシステムに於いて、前記個別の素子が予め定められたオンおよびオフ時間のパルス幅変調で制御され、前記プロセッサが各々のカラーサブフレーム内のオン時間を時間的にその他のカラーサブフレームに可能な限り近接して分配する、前記システム。

【0063】(20) 第14項記載のシステムに於いて、このシステムが個別の素子からなる複数のグループを有するスプリットリセットDMDであり、各々の画像フレームの間に各々の色に対して二つのカラーサブフレームが存在し、前記個別の素子が予め定められたオンおよびオフ時間のパルス幅変調ビットで制御されており、そして更に：各々の色に対するそれぞれ最初のカラーサブフレームの間に各々の色に対する前記ビットの半分をロードし；各々のカラーサブフレームの終了時に前記個別のビットをリセットし；そして各々の色に対するそれぞれ第二番目のカラーサブフレームの間に各々の色に対する前記ビットの残りの部分をロードするように動作可能な回路を含む、前記システム。

【0064】(21) シーケンシャルカラーシステムが提供されており、その中でプロセッサ(22)がメモリ(24)と受信機(27)とに結合されている。画像は光を光源(28)から色円盤(30)を通してDMDアレイ(26)上に照射することにより生成される。DMDアレイ(26)からの光はスクリーン(32)の上に照射される。色円盤(30)の速度と構成を調整することにより色分離が著しく低減できるかまたは除去出来る。また開示されているのは例えばCRT技術の様なその他の技術にも適用可能なシーケンシャル画像化のための技術である。

【図面の簡単な説明】

【図1】投影スクリーン上を移動中の対象物を図示し、aは投影スクリーンと対象物とを示す図、そしてbは対象物が種々の場所にある状態を示す図。

【図2】シーケンシャル・カラーシステムに於て知覚される強度を示す。

【図3】人の目と移動している対象物との干渉を図示し、aは人の目が対象物を追いかけていない場合を図示し、bは人の目が対象物を追いかけている場合を図示する。

【図4】本発明の教えに基づくある特定の画像化システ

ムのブロック図を図示する。

【図 5】本発明の別の実施例を図示し、a は色円盤を三等分に分割した図、b は色円盤を六等分に分割した図、c は a に示す三原色の内の一色を更に二つに分割し対向させるようにした図、そして d は c の実施例で色円盤の回転数を半分にした図を図示する。

【図 6】本発明の教えに基づく色ブレンディングを図示する。

【図 7】本発明の教えに基づくスプリットリセットシステムのパッキングビットパターン技術を図示し、a はひ

とつの画像フレームを赤、緑、そして青の順番で画像化する場合を図示し、そして b はひとつの画像フレームを赤、緑、青、赤、緑、青の順番で画像化する場合を図示する。

【符号の説明】

- 10 投影スクリーン
- 12 移動している対象物
- 20 シーケンシャル・カラー画像化システム
- 26 DMDアレイ
- 30 色円盤

フロントページの続き

- (72)発明者 ロバート ジェイ. ゴウブ
 アメリカ合衆国テキサス州プラノ, スカー
 ボロウ レーン 1405
- (72)発明者 スチーブン ダブリュ. マーシャル
 アメリカ合衆国テキサス州リチャードソ
 ン, エヌ. チェイエン ドライブ 1408
- (72)発明者 ドナルド ビー. ドハティ
 アメリカ合衆国テキサス州アーピング, ダ
 ブリュ. ラング シーティー. 3908

- (72)発明者 ゲイリー エル. セックシトロ
 アメリカ合衆国テキサス州マッキニィ, ビ
 ッグホーントレイル 15780
- (72)発明者 カール ダブリュ. デービス
 アメリカ合衆国テキサス州プラノ, ヒュー
 ロン トレイル 1520
- (72)発明者 ジョセフ ジー. イーガン
 アメリカ合衆国テキサス州ガーランド, オ
 ーバーランド ドライブ 410

United States Patent [19]
Heimbuch et al.

US005448314A

[11] **Patent Number:** **5,448,314**
[45] **Date of Patent:** **Sep. 5, 1995**

[54] **METHOD AND APPARATUS FOR
SEQUENTIAL COLOR IMAGING**

[75] **Inventors:** **Scott D. Heimbuch, Dallas; Jeffrey B. Sampsell; Robert J. Gove, both of Plano; Stephen W. Marshall, Richardson; Donald B. Doherty, Irving; Gary L. Sextro, McKinney; Carl W. Davis, Plano; Joseph G. Egan, Garland, all of Tex.**

[73] **Assignee:** **Texas Instruments, Dallas, Tex.**

[21] **Appl. No.:** **179,028**

[22] **Filed:** **Jan. 7, 1994**

[51] **Int. Cl.⁶** **H04N 9/12**

[52] **U.S. Cl.** **348/743; 348/270; 348/771**

[58] **Field of Search** **348/743, 742, 771, 268, 348/270, 269, 358/42, 230; H04N 9/12, 9/04, 9/083, 3/06, 9/14, 9/31; 345/84, 85**

[56]

References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,921,118	1/1960	Benjamin	348/743
3,685,899	8/1972	Reeds	348/743
4,399,455	8/1983	Alvarez	348/743
4,851,899	7/1989	Yoshida	348/270
5,192,946	3/1993	Thompson	348/743
5,233,385	8/1983	Sampsell	348/270

Primary Examiner—James J. Groody

Assistant Examiner—Sherrie Hsia

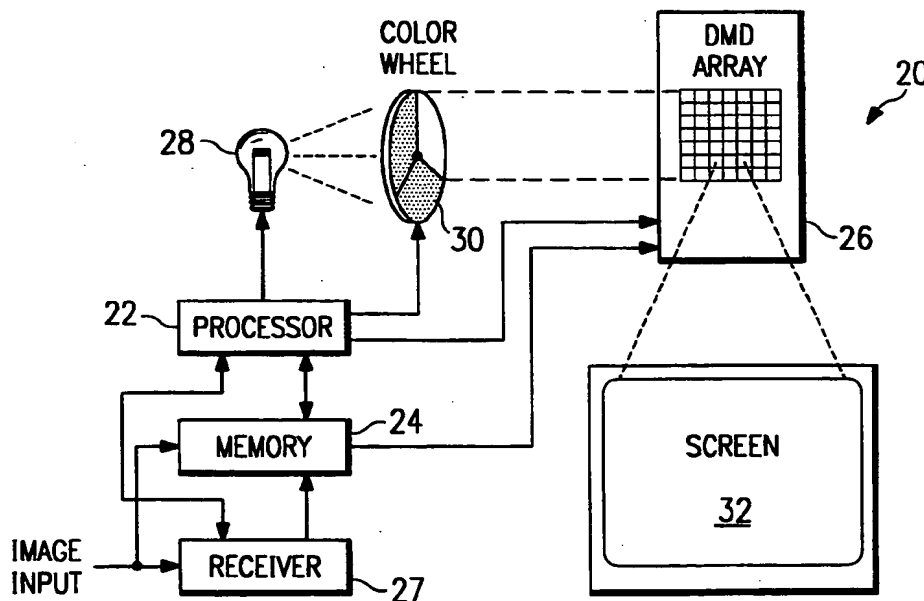
Attorney, Agent, or Firm—Julie L. Reed; Richard L. Donaldson; Rene E. Grossman

[57]

ABSTRACT

A sequential color system is provided in which a processor (22) is coupled to a memory (24) and a receiver (27). Images are generated by shining light from a light source (28) through a color wheel (30) and onto DMD array (26). Light from the DMD array (26) is shone on screen (32). By adjusting the speed and make-up of color wheel (30) color separation is greatly reduced or eliminated. Also there are techniques for sequential imaging which may be applied to other technologies, such as CRT technologies.

20 Claims, 3 Drawing Sheets



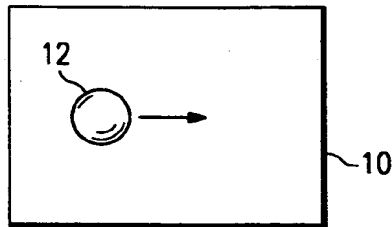


FIG. 1a

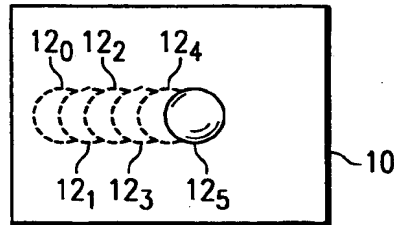


FIG. 1b

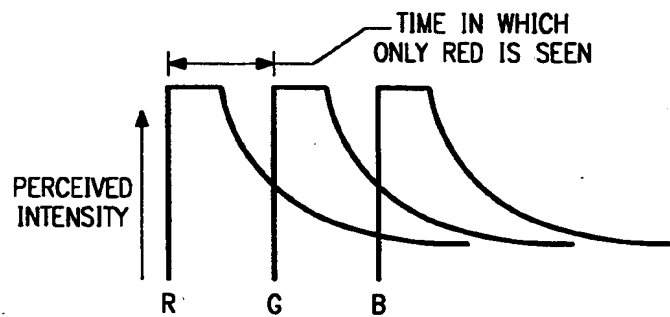


FIG. 2

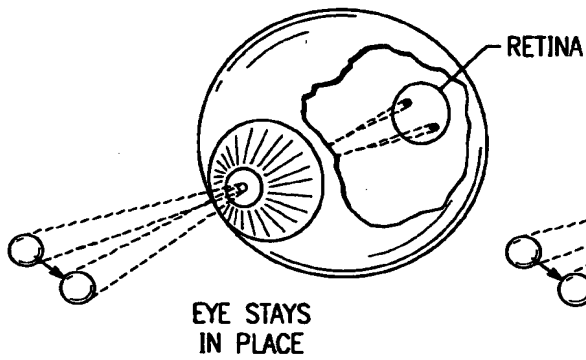


FIG. 3a

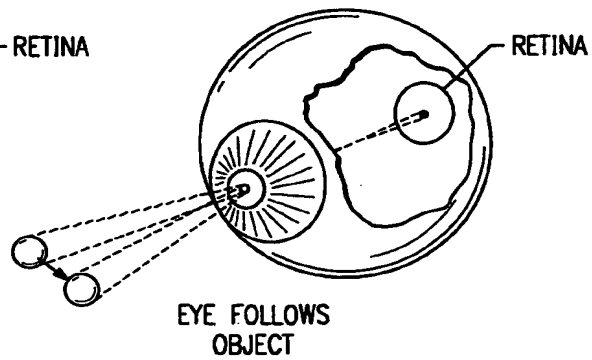
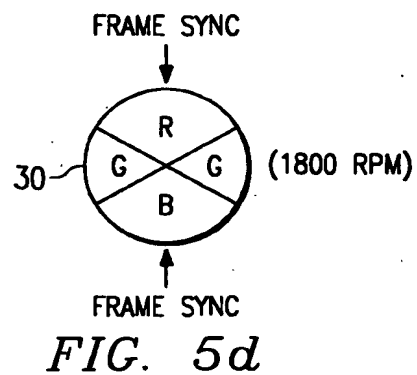
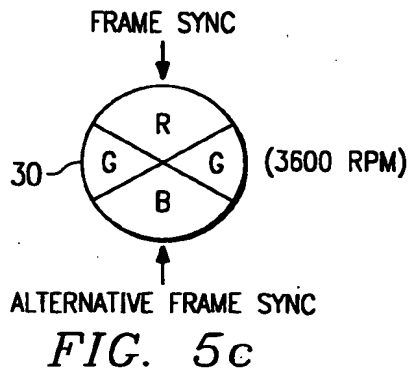
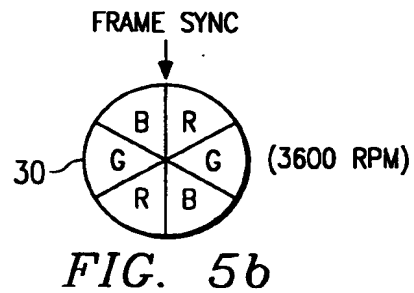
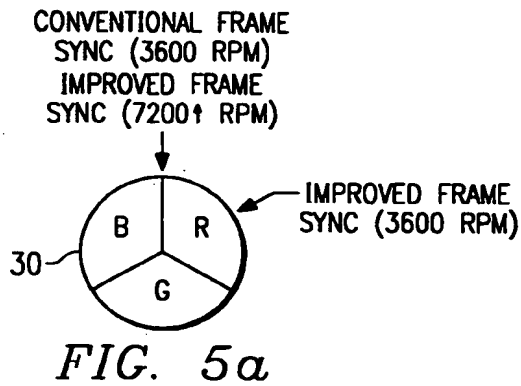
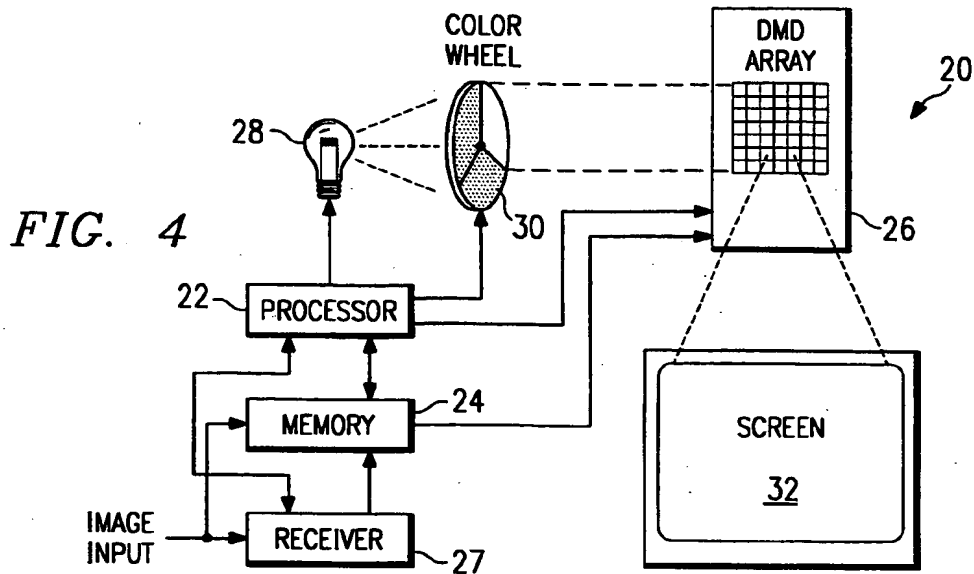


FIG. 3b



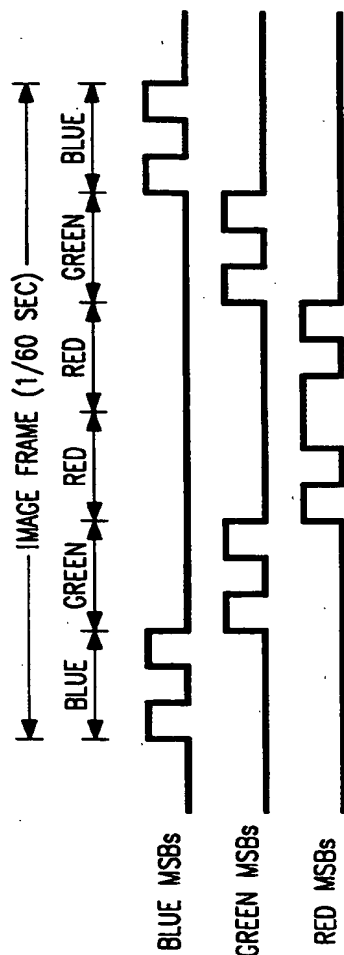


FIG. 6

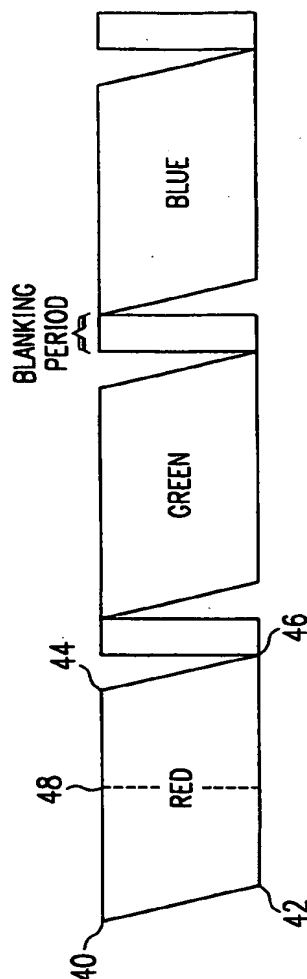


FIG. 7a

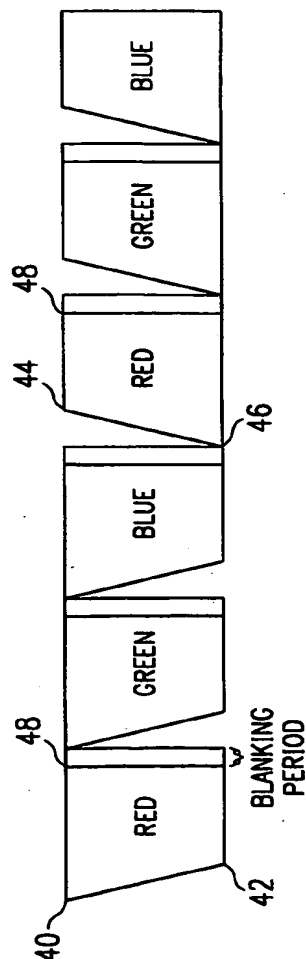


FIG. 7b

METHOD AND APPARATUS FOR SEQUENTIAL COLOR IMAGING

TECHNICAL FIELD OF THE INVENTION

This invention relates generally to imaging systems, and more particularly to a method and apparatus for sequential color imaging.

BACKGROUND OF THE INVENTION

In the field of imaging technology, a significant need exists to increase image quality while at the same time maintaining low cost and low complexity. Unfortunately, these goals often conflict. For example, a particular class of imaging systems, known as sequential color systems, offer lower cost and complexity than other imaging systems, but at the sacrifice of some image quality.

Sequential color systems generate images by sequentially laying down red, green, and blue light in a single image frame, which typically lasts 1/60 of a second. In non-sequential color systems, the red, green, and blue light are laid down simultaneously. The nonsequential color systems, therefore, employ about three times the hardware and complexity of sequential color systems.

An excellent example of the distinction between sequential and non-sequential color systems is provided by spatial light modulator ("SLM") projection systems. One type of SLM imaging systems uses arrays of individual elements, such as deformable mirror devices ("DMDs"), to reflect light onto or away from a projection screen. In non-sequential color systems, three DMD arrays are used in parallel, one each for red, green, and blue light. In contrast, a sequential color system SLM device requires only one such array, with the red, green, and blue light sequentially reflected by the single DMD array. The need for three such arrays in the non-sequential color system triples the requirements for the DMD arrays and attendant hardware over the sequential color system.

As discussed above, however, sequential color systems have certain limitations. One such limitation is that of color separation. Color separation occurs in sequential color systems when an imaged object moves across a projection screen, and the human eye follows it. FIGS. 1-3 illustrate the problem of color separation.

FIG. 1a illustrates a projection screen 10 and an imaged object 12 that will move across the screen 10. In FIG. 1b, the various locations of object 12 are shown at five different time periods. Each of these time periods corresponds to one image frame. For a sequential color system that lays down color in the order of red, green, and then blue, the object 12 will be generated by first laying down the red, then the green, and then the blue. Therefore, as the object moves, the leading edge of the object 12 (with respect to its movement) will appear red, while its trailing edge will appear blue. This phenomenon is known as color separation.

FIGS. 2 and 3 illustrate how color separation occurs. As shown in FIG. 2, red is first laid down on the screen for about $\frac{1}{3}$ of the imaging frame. After the red light is turned off, the green light is then turned on for about $\frac{1}{3}$ of the color frame, and then the green is turned off and the blue is turned on for the remaining about $\frac{1}{3}$ of the color frame. As shown in FIG. 2, the perceived intensity of the light dies away asymptotically after it is turned off. This asymptotic decrease illustrates the fact that the human eye has "memory" which allows it to

continue to perceive light for a short period (a time constant) even after the light has disappeared.

The problem of color separation occurs in sequential color systems only when the human eye follows the moving object. As shown in FIG. 3a, if the human eye does not follow the moving object, then each image frame of light from the moving object will fall on different locations of the retina as the object moves. Thus, for each image frame, before red is perceived, the green and blue light will be laid down at one location, and the appropriate color will be perceived. Light from the next image frame will then fall on another location of the retina, and the appropriate color will again be perceived. However, as shown in FIG. 3b, if the eye follows the object, the red light from the object will always fall on one place on the retina, the blue light will always fall on another place on the retina, and the green light will always fall on still another place on the retina. Each of these places will be offset, due to the temporal separation of each color subframe. Therefore, the leading edge of the moving object will always appear red, while the trailing edge will always appear blue. This occurs because the eye moves before the blue and green are laid down at the leading edge, for example. The faster the object moves, the greater will this color separation be, since the distance the object moves from one image frame to the next will be greater.

The color separation becomes more and more complex the faster that an object moves. As described above, the leading edge will appear red and the trailing edge will appear blue, for sequential color systems that lay down red, then green, then blue. As the speed of the object increases, however, not only will the leading edge appear red, but the area of the object just behind the leading edge will appear to be a combination of red and green. Likewise, the area just ahead of the trailing edge will appear to be a combination of blue and green.

The problem of color separation is most notable when the moving object and its background are in high contrast. For example, a white object moving against a black background or a black object moving against a white background. Examples of situations where the human eye might follow such moving objects include sporting events where the human eye may follow a player whose uniform is in high contrast with the background, dance presentations where the human eye may follow the dancer, and other similar situations.

SUMMARY OF THE INVENTION

Therefore, a need has arisen for a sequential color system that reduces perceived color separation, thereby providing for higher image quality.

In accordance with the teachings of the present invention, a method and apparatus for sequential color imaging is provided which substantially eliminates or reduces disadvantages and problems with prior art imaging systems.

In particular, a method of sequential imaging is disclosed in which at least two color subframes of a first color, at least two color subframes of a second color, and at least two color subframes of a third color are generated during one image frame. By generating color subframes in this manner, color separation is greatly reduced.

In another embodiment of the present invention, at least two color subframes of a first color, at least one color subframe of a second color, and at least one color

3

subframe of a third color are generated during one image frame. With this embodiment, for example, two color subframes of the second color can be generated, one each before and after the color subframe of the third color.

In still another embodiment of the present invention, a method of sequential imaging is provided in which a color subframe of a first color, a color subframe of a second color, and a color subframe of a third color are generated in one image frame. During the next image frame, the order that the color subframes are generated is reversed.

A sequential imaging system is also provided in which a light source shines light through a color wheel. A spatial light modulator that includes a plurality of individual elements reflects the light from the color wheel onto a screen. A processor is provided which controls the light source, the color wheel, and the spatial light modulator such that at least two color subframes of a first color, at least one color subframe of a second color, and at least one color subframe of a third color are generated during one image frame.

An important technical advantage of the present invention is that color separation is greatly reduced by increasing the number of color subframes in an image frame, thereby reducing the amount of time that a single color will be perceived. Another important technical advantage of the present invention is the fact that color blending techniques may be used to further reduce color separation in sequential imaging systems.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

For a more complete understanding of the present invention, and the advantages thereof, reference is now made to the following descriptions taken in conjunction with the accompanying drawings in which like reference numbers indicate like features and wherein:

FIGS. 1a and 1b illustrate a moving object on a projection screen;

FIG. 2 illustrates perceived intensities in a sequential color system;

FIGS. 3a and 3b illustrate the interaction between the human eye and a moving object;

FIG. 4 illustrates a block diagram of a particular imaging system according to the teachings of the present invention;

FIGS. 5a-5d illustrate alternate embodiments of the present invention;

FIG. 6 illustrates color blending according to the teachings of the present invention; and

FIGS. 7a and 7b illustrate a technique for packing bit patterns for a split reset system according to the teachings of the present invention.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

FIGS. 1a-3b have been described in connection with the background of the invention, and explain the problem of color separation in sequential color systems. Sequential color systems include a myriad of different technologies, including SLM technologies (a subset of which is DMD technologies) and CRT technologies. Particular applications for sequential color systems include conventional television (whether in NTSC, PAL, SECAM, or other formats), wide scene conventional television, high definition television, industrial projectors, home use projectors, and cinema projectors, among other applications.

4

FIG. 4 illustrates a block diagram of a particular application of the present invention. As shown, sequential color imaging system 20 includes a processor 22 that controls a DMD imaging system. Processor 22 is coupled to memory 24 and DMD array 26. Memory 24 may also be coupled to DMD array 26 for direct memory input to DMD array 26. Processor 22 may also be coupled to receiver 27. Receiver 27 receives image inputs, such as analog or digital video images transmitted across a cable system or the air waves. Data from the receiver 27 is stored in memory 24. Memory 24 may also receive input directly from the image input, for example when the image input transmits in digital image data. Image input data received by receiver 27 can be processed by processor 22 to convert it to the appropriate format for operation with DMD array 26, a light source 28, and a color wheel 30.

Processor 22 controls light source 28, color wheel 30, and DMD array 26 such that light from light source 28 is transmitted through color wheel 30, reflected off DMD array 26, and onto a screen 32.

The imaging system 20 of FIG. 4 may be either a rear projection or front projection system. Furthermore, as described above, the present invention works for a variety of technologies, and the particular shown in FIG. 4 is exemplary only.

FIGS. 5a-5d illustrate various embodiments of color wheel 30 constructed according to teachings of the present invention. Color wheel 30 turns so as to allow sequential color fields to be reflected from DMD array 26 onto screen 32. Color wheel 30 is used to illustrate the present invention, it being understood that the techniques discussed in connection with color wheel 30 can be used to control other devices as well. For example, three light sources, a red light source, a green light source, and a blue light source can be used with a single DMD array to sequentially generate red, green and blue fields. Similarly, in a CRT system, electron beams that are used to generate red, then green, then blue can be sequenced according to the following teachings.

As shown in FIG. 5a, color wheel 30 is provided with three color fields, red, green, and blue, each of which is approximately one-third of the useful area of the color wheel 30. For a single image frame, typically 1/60 of a second, conventional systems rotate color wheel 30 once per image frame, or at a rate of 3,600 revolutions per minute (RPM). In such systems, there are three color subframes, one each for red, green, and blue, and each image frame is begun (synchronized) at the conventional frame synchronization (SYNC) point shown in FIG. 5a.

In one embodiment of the present invention, the conventional frame SYNC is moved to the middle of the red subframe, as shown in FIG. 5a. With this improved frame SYNC, the color wheel is rotated at 3,600 RPM. Moving the frame SYNC to the middle of the red subframe results in a color sequence of one-half red subframe, one green subframe, one blue subframe, and one-half red subframe. The result is that the amount of time that the human eye perceives red at the leading edge of a moving object is reduced in half. Thus, the human eye will begin to mix the red and the green more quickly, thus providing for a leading edge that is closer to the desired color than in conventional systems. With this improved frame SYNC, the red subframe is split into two subframes, one coming before the green subframe, and the other coming after the blue subframe. Thus, the mirrors of DMD array 26 will have to be set

one additional time, resulting from the fact that the red subframe will have to be set once at the beginning of the video frame, and then completed after the blue subframe. It should be understood that the frame SYNC could also be placed in the middle of the blue or green color subframes as well.

FIG. 5a also illustrates another embodiment of the present invention, in which the image frame is begun in the same place as a conventional video frame, except that the color wheel is rotated at a higher rate. This higher rate will reduce the amount of time that the leading edge will be one particular color, such as red in the example being discussed. For example, by rotating the color wheel at twice the conventional speed, or 7,200 RPM, a single image frame will include two red subframes, two green subframes, and two blue subframes. The order of the subframes will be red, green, blue, red, green, blue. To implement such a scheme, each of the color subframes of a conventional system are divided into two subframes, each lasting half as long as a conventional color subframe. Experiments have shown that the sequencing of the color subframes should be increased to about four times the conventional rate to eliminate the perception of color separation. However, the use of a lower rate, such as twice the conventional rate, improves the perception of color separation, but does not eliminate it completely. Complexity and costs are increased as the speed increases, and thus the particular application will dictate how much speed increase is appropriate.

FIG. 5b illustrates another embodiment of the present invention in which color wheel 30 is divided into six color subframes, having a sequence of red, green, blue, red, green, and blue, each of which is approximately one-sixth the useful area of color wheel 30. This color wheel is rotated at the conventional rate of 3,600 RPM and SYNCHed as shown in FIG. 5b. The embodiment of FIG. 5b results in the same advantages as the higher speed embodiment discussed in connection with FIG. 5a, since the length of time of each color subframe is half that of conventional systems. The embodiment of FIG. 5b allows for use of conventional motors to drive the color wheel, since it rotates at the conventional speed of 3,600 RPM. However, some brightness reduction occurs with the embodiment of FIG. 5b as compared to the embodiments of FIG. 5a, due to the increased light source blanking time (to allow transitions between the color subframes).

The particular color wheel shown in FIG. 5b may also be rotated at a rate higher than 3,600 RPM, resulting in color subframes of even shorter lengths of time. Increasing the speed at which the color subframes are presented significantly reduces or eliminates color separation.

FIG. 5c illustrates another embodiment of the present invention, in which color wheel 30 is divided as follows: approximately one-third of the color wheel is red, approximately one-third of the color wheel is blue, and approximately one-third of the color wheel is green. However, the green is divided into two separated sections each of about one-sixth of the useful area of the color wheels, each angularly disposed between the red and the blue portions of the color wheel 30. The frame SYNC is provided at the middle of the red portion of the color wheel. Thus, for one image frame, the sequence will be $\frac{1}{2}$ red subframe, $\frac{1}{2}$ green subframe, one blue subframe, $\frac{1}{2}$ green subframe, and $\frac{1}{2}$ red subframe. This embodiment is similar to the first embodiment

discussed in connection with FIG. 5a, with the difference that the green subframe is split into two subframes surrounding the blue subframe. This is particularly effective because of the fact that red, green, and blue light carry different perceptual weightings. In general, the human eye perceives green light better than it perceives red light, and blue light is perceived worst. Tests have shown that green light is perceived about five times better than blue light, and green light is perceived almost twice as well as red light. Thus, with the embodiment of FIG. 5c, better color mixing is achieved by splitting the green light into two color subframes.

Another embodiment shown in FIG. 5c allows for an alternative frame SYNC in the middle of the blue color subframe. SYNCHing each video frame in the middle of the blue color subframe, rather than in the middle of the red color subframe, provides that blue light will be at the leading edge and trailing edge of a moving object. As discussed above, blue is perceived least by the human eye, and thus this embodiment will result in greater reduction in perceived color separation.

For both the embodiments discussed in connection with FIG. 5c, the speed of the color wheel may also be increased, resulting in greater reductions in color separation, but adding complexity, as discussed above.

FIG. 5d illustrates another embodiment of the present invention in which the color wheel is configured similarly to the color wheel in FIG. 5c. However, the color is rotated at a speed to allow for two video frames to be written in one color wheel revolution. For example, for conventional image frames of $1/60$ of a second, the color wheel 30 of FIG. 5d would be rotated at 1,800 RPM. Thus, two frame SYNCs are needed in one revolution. By placing the frame SYNCs, as shown in FIG. 5d, in the middle of the red and in the middle of the blue color subframes, perceived color separation is greatly reduced. With the color wheel 30 of FIG. 5d, the sequence of one image frame is red, green, blue, as in conventional systems. However, the next image frame sequence is blue, green, red. This alternating sequence for each image frame results in the leading edge of the moving object flickering from red to blue and blue to red at a rate of half the image frame frequency, for example, a flicker of 30 Hz for an image frame frequency of 60 Hz. The trailing edge of the moving object will have the same flicker. This flicker may be perceived as a flicker or as a combination of red and blue, for example, magenta. The result is a perception that the leading edge and trailing edge of the moving object are closer to the true color than in conventional systems. Furthermore, as the moving object changes direction, the leading and trailing edges will not "switch" colors, as occurs with conventional systems.

As discussed previously, the examples of the color wheels shown in FIGS. 5a-5d are for purposes of teaching the present invention, and are illustrative of techniques for sequencing color frames. These sequencing techniques can apply to other technologies as well, such as to CRT technologies. Furthermore, the above examples disclose frame SYNCs at particular locations. For example, in the embodiment of FIG. 5b, the frame SYNC is shown as occurring between the blue and red color subframes. The frame SYNC could be moved, for example, between the green and blue color subframes, without departing from the intended scope of the present invention.

FIG. 6 illustrates another aspect of the present invention that may be used to augment the techniques dis-

cussed above. In some DMD based imaging systems, the intensity of any color is created by the pulse width modulation of the mirrors of the array. For example, to generate a mid level green, a mirror may be on for half of a color subframe, with the total on time being the result of several on-off sequences of different lengths. The on-off times are controlled by bits stored in memory. By distributing the on time of the most significant color intensity bits across each of the color segments, additional blending of color and consequent reduction in perceived color separation can be achieved. Processor 22 controls the pulse width modulation of the DMD array. FIG. 6 illustrates a particular example of this technique.

As shown, an image frame is divided into six color subframes, two for blue, two for green and two for red. The particular sequence of blue, green, red, red, green, blue corresponds to the second embodiment shown in FIG. 5c, it being understood, however, that the technique illustrated applies to any of the techniques discussed in connection with FIG. 5a-5d.

As can be seen in FIG. 6, the most significant bits for the pulse width modulation of each of the blue, green, and red subframes are on (if at all) as close to the other colors as possible. For example, the most significant bits for the green color subframes are on as close as possible in time to the transitions from blue to green and green to red. Likewise, the most significant bits for the blue subframes are on as close as possible in time to the transitions from green to blue and blue to green. The same is true for the red most significant bits as well. Furthermore, bits other than the most significant bits may also be turned on as close as possible to color transitions to increase color blending.

FIGS. 7a and 7b illustrate a technique by which bit patterns can be packed for a split reset DMD projector system that includes the techniques discussed above. U.S. patent application Ser. No. 08/002,627, entitled "Pixel Control Circuitry for Spatial Light Modulator," TI-17333, filed on Jan. 8, 1993, and assigned to TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED discloses a split reset DMD image system and is herein incorporated by reference. Generally speaking, split reset DMD systems divide a DMD array into a number of reset groups. For example, an array may be divided into sixteen reset groups of 25,000 mirrors each. A single memory cell controls one mirror in each reset group, and thus the mirrors of no two reset groups can be changed at once. When using pulse width modulation to generate color intensity, all the bits of one reset group from one bit location are loaded into memory, and that reset group is then changed according to the loaded bits. For example, with 8-bit pulse width modulation, all of the eighth-location bits for a reset group are loaded at once. Next, the memory is loaded with pulse width modulation bits for another reset group, and that reset group is changed according to that load of the memory, and this cycle continues such that all pulse width modulation bits of each reset group are loaded and executed within a single image frame. The bit packing is performed by processor 22 and memory 24 of FIG. 4. It should be understood that memory 24 may be separate from or integral with DMD array 26.

A graphic representation of the loading of split reset groups is shown in FIG. 7a. As shown by the parallelogram of FIG. 7a, the first reset group is loaded with a particular bit at point 40. The last reset group is first loaded with a particular bit at point 42. As time goes on,

all of the pulse width modulation bits for each reset group are loaded at different times (as no two reset groups can be changed at once). The first reset group completes all bits of its pulse width modulation at point 44, while the last reset group completes all bits of its pulse width modulation at point 46.

With the present invention, for example the embodiments shown in FIGS. 5a, 5b, and 5c, wherein there are two or more color subframes for each color during each image cycle, bit packing for a split reset DMD will be performed as shown in FIG. 7b. FIG. 7b particularly illustrates the increased speed embodiment of FIG. 5a wherein the sequence may be red, green, blue, red, green, blue. In the first red color subframe, the first reset group is loaded at point 40, just as in FIG. 7a. Similarly, the last reset group is first loaded at point 42, just as in FIG. 7a. Particular bits are then loaded in each of the split reset groups until point 48, at which time the green subframe is to begin. The space between the point 48 and the beginning of the green subframe is the blanking time required for transitions between colors on the color wheel.

The end of the red color subframe of FIG. 7b is vertical, and not slanted as in FIG. 7a, since all mirrors of all split reset groups can be reset to the same position at once. During the second red color subframe, the split reset groups will be loaded so as to finish the pulse width modulation not yet completed at the end of the first red color subframe. This is accomplished by loading the split reset groups for the second red color subframe in the reverse order than this half of the red subframe would have been completed in FIG. 7a. Thus, the first reset group is loaded at point 44, and the last reset group is loaded at point 46, until all of the pulse width modulation bits have been loaded and executed at point 48. This technique is used for the green and blue color subframes as well, as shown in FIG. 7b.

Thus, when there are two color subframes for each color in a single image frame, all of the pulse width modulation bits for a split reset DMD imaging system can be packed without any efficiency loss due to the bit packing sequence. The only efficiency losses, if any at all, come from the fact that the additional color subframes require more blanking time as the light is changed from one color to the next, resulting in somewhat reduced brightness.

When more than two color subframes for each color are used, for example with a color wheel turning at four times the conventional speed, there will be more split reset start periods than in a conventional split reset system, thus requiring either faster loading of each split reset group to perform all pulse width modulation bits in the appropriate video frame time, or the loss of efficiency if not all of the pulse width modulation bits are completed.

Although the present invention has been described in detail, it should be understood that various modifications, alterations, or substitutions can be made without departing from the spirit and scope of the invention as defined by the appended claims.

What is claimed is:

1. A method of sequential imaging, comprising the steps of:
 - generating at least two color subframes of a first color during one image frame;
 - generating at least two color subframes of a second color during said one image frame; and

generating at least two color subframes of a third color during said one image frame, wherein said generating of said first, second and third colors is accomplished by pulse width modulation of individual elements of a spatial light modulator for predetermined on and off times.

2. The method of claim 1, and further comprising the steps of:
 shining light through a color wheel onto said spatial light modulator; and
 rotating the color wheel to generate each of the color subframes.

3. The method of claim 2, wherein the color wheel is rotated at least twice during the image frame.

4. The method of claim 2, wherein the color wheel is rotated once during the image frame.

5. A method of sequential imaging, comprising the steps of:
 generating at least two color subframes of a first color during one image frame;
 generating at least one color subframe of a second color during said one image frame; and
 generating at least one color subframe of a third color during said one image frame, wherein said generating of said first, second and third colors is accomplished by pulse width modulation of individual elements of a spatial light modulator for predetermined on and off times.

6. The method of claim 5, wherein said color subframes of the first color are generated at the beginning and end of the image frame.

7. The method of claim 6, wherein:
 two color subframes of the first color are generated;
 one color subframe of the third color is generated;
 and
 two color subframes of the second color are generated, one each of the color subframes of the second color being generated before and after the color subframe of the third color.

8. The method of claim 5, and further comprising the steps of:
 shining light through a color wheel onto said spatial light modulator; and
 rotating the color wheel to generate each of the color subframes.

9. The method of claim 5, wherein the color wheel is rotated at least twice during the image frame.

10. The method of claim 5, wherein the color wheel is rotated once during the image frame.

11. The method of claim 5, and further comprising the steps of:
 distributing the on times within each color subframe such that said on times occur as near in time as possible as the on times within adjacent color subframes.

12. A method of sequential imaging, comprising the steps of:
 generating a color subframe of a first color during one image frame;
 after the first color subframe, generating a color subframe of a second color during said one image frame;
 after the second color subframe, generating a color subframe of a third color during said one image frame; and during the next image frame, generating the color subframes in reverse order.

13. The method of claim 12, and further comprising the steps of:
 shining light through a color wheel onto a spatial light modulator; and
 rotating the color wheel to generate each of the color subframes.

14. A sequential imaging system, comprising:
 a light source;
 a color wheel through which light from said light source is shone;
 a spatial light modulator including a plurality of individual elements for receiving the light through said color wheel and operable to generate images using said light;
 a processor operable to control said light source, said color wheel, and said spatial light modulator such that at least two color subframes of a first color are generated during said one image frame, at least one color subframe of a second color is generated during said one image frame and at least one color subframe of a third color is generated during said one image frame, wherein generating of said first, second and third colors is accomplished by said processor controlling the pulse width modulation of said individual elements of said spatial light modulator for predetermined on and off times.

15. The system of claim 14, wherein said color subframes of the first color are generated at the beginning and end of the image frame.

16. The system of claim 14, wherein said color wheel comprises:
 a first area of the first color, the size of which is approximately one-third of the useful area of said color wheel;
 a second area of the second color, the size of which is approximately one-sixth of the useful area of said color wheel;
 a third area of the third color, the size of which is approximately one-third of the useful area of said color wheel; and
 a fourth area of the second color, the size of which is approximately one-sixth of the useful area of said color wheel, said second and fourth areas being separated angularly by said third area.

17. The system of claim 14, wherein the color wheel is rotated at least twice during the image frame.

18. The system of claim 14, wherein said color wheel is rotated once during the image frame.

19. The system of claim 14, wherein said processor distributes the on times within each color subframe as near in time as possible to on times of adjacent color subframes.

20. The system of claim 14, wherein the system is a split reset DMD system having a plurality of groups of individual elements, wherein there are two color subframes for each color during the image frame, and wherein said individual elements are controlled with pulse width modulation bits for the predetermined on and off times, and further comprising circuitry operable to:
 load one half of said bits for each color during a first respective color subframe for each color;
 reset said individual bits at the end of each color subframe; and
 load the remaining portion of said bits for each color during a second respective color subframe for each color.

* * * * *